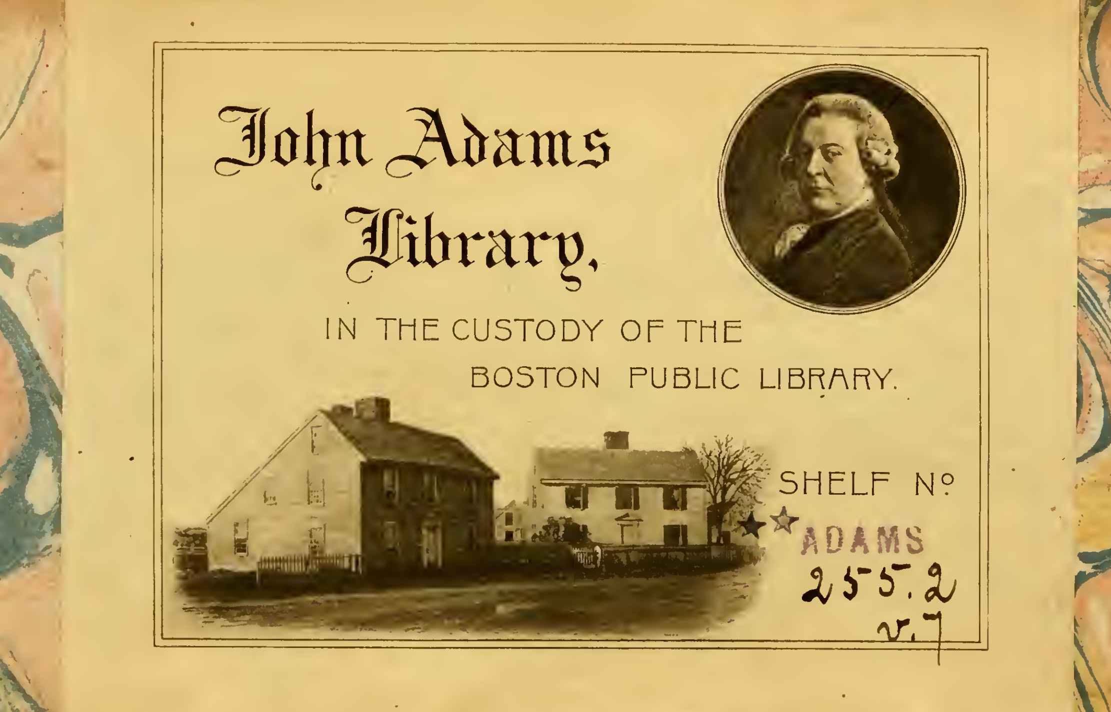



John Adams
Library,
IN THE CUSTODY OF THE
BOSTON PUBLIC LIBRARY.
SHELF No
ADAMS
255.2
v.7



ŒUVRES COMPLÈTES DE M. LE C.TE DE BUFFON.

INTRODUCTION À L'HISTOIRE des Minéraux.

Tome VII.

ŒUVRES
COMPLÈTES
DE
M. LE C.TE DE BUFFON,

tendant du Jardin du Roi, de l'Académie Françoise, de celle des Sciences, &c.

Tome Septième.

UITE DE LA THÉORIE DE LA TERRE, x Introduction à l'histoire des Minéraux.



À PARIS,

E L'IMPRIMERIE ROYALE.

M. DCCLXXIV.

TABLE

TABLE

De ce qui eſt contenu dans ce Volume.



HISTOIRE



HISTOIRE NATURELLE.

INTRODUCTION À L'HISTOIRE DES MINÉRAUX.

PARTIE EXPÉRIMENTALE.

TROISIÈME MÉMOIRE.

OBSERVATIONS ſur la nature de la PLATINE.

ON vient de voir que de toutes les ſubſtances minérales que j'ai miſes à l'épreuve, ce ne ſont pas les plus denſes, mais les moins fuſibles auxquelles il faut le plus de temps pour recevoir & perdre

la chaleur ; le fer & l'émeril qui sont les matières métalliques les plus difficiles à fondre, sont en même temps celles qui s'échauffent & se refroidissent le plus lentement. Il n'y a dans la Nature que la platine qui pourroit être encore moins accessible à la chaleur, & qui la conserveroit plus long-temps que le fer. Ce minéral dont on ne parle que depuis peu, paroît être encore plus difficile à fondre ; le feu des meilleurs fourneaux n'est pas assez violent pour produire cet effet, ni même pour en aglutiner les petits grains qui sont tous anguleux, émoussés, durs, & assez semblables pour la forme, à de la grosse limaille de fer, mais d'une couleur un peu jaunâtre : & quoiqu'on puisse les faire couler sans addition de fondans, & les réduire en masse au foyer d'un bon miroir brûlant, la platine semble exiger plus de chaleur que la mine & la limaille de fer que nous faisons aisément fondre à nos fourneaux de forge. D'ailleurs la densité de la platine étant beaucoup plus grande que celle du fer, les deux qualités de densité & de non-fusibilité se réunissent ici pour rendre cette matière la moins

accessible de toutes au progrès de la chaleur. Je présume donc que la platine seroit à la tête de ma Table & avant le fer si je l'avois mise en expérience, mais il ne m'a pas été possible de m'en procurer un globe d'un pouce de diamètre; on ne la trouve qu'en grains *(a)*, & celle qui est en masse n'est pas pure, parce qu'on y a mêlé, pour la fondre, d'autres matières qui en ont altéré la nature. Un de mes amis *(b)*, homme de beaucoup d'esprit, qui a la bonté de partager souvent mes vues, m'a mis à portée d'examiner cette substance métallique encore rare, & qu'on ne connoît pas assez. Les Chimistes qui ont travaillé sur la platine, l'ont regardée comme un métal nouveau, parfait, propre, particulier & différent de tous les autres métaux; ils ont assuré que sa pesanteur

(a) Un homme digne de foi, m'a néanmoins assuré qu'on trouve quelquefois de la platine en masse, & qu'il en avoit vu un morceau de vingt livres pesant qui n'avoit point été fondu, mais tiré de la mine même.

(b) M. le comte de la Billarderie d'Angivillers, de l'Académie des Sciences, Intendant en *survivance* du Jardin & du Cabinet du Roi.

ſpécifique étoit à très-peu-près égale à celle de l'or, que néanmoins ce huitième métal différoit d'ailleurs eſſentiellement de l'or, n'en ayant ni la ductilité ni la fuſibilité. J'avoue que je ſuis dans une opinion différente & même toute oppoſée. Une matière qui n'a ni ductilité ni fuſibilité, ne doit pas être miſe au nombre des métaux, dont les propriétés eſſentielles & communes ſont d'être fuſibles & ductiles. Et la platine, d'après l'examen que j'en ai pu faire, ne me paroît pas être un nouveau métal différent de tous les autres, mais un mélange, un alliage de fer & d'or formé par la Nature, dans lequel la quantité d'or ſemble dominer ſur la quantité de fer; & voici les faits ſur leſquels je crois pouvoir fonder cette opinion.

De huit onces trente-cinq grains de platine que m'a fournie M. d'Angivillers, & que j'ai préſentée à une forte pierre d'aimant, il ne m'en eſt reſté qu'une once un gros vingt-neuf grains, tout le reſte a été enlevé par l'aimant à deux gros près, qui ont été réduits en poudre qui s'eſt attachée aux feuilles de papier, & qui les a profondément noircies, comme

je le dirai tout-à-l'heure; cela fait donc à très-peu-près six septièmes du total qui ont été attirés par l'aimant; ce qui est une quantité si considérable, relativement au tout, qu'il est impossible de se refuser à croire que le fer ne soit contenu dans la substance intime de la platine, & qu'il n'y soit même en assez grande quantité. Il y a plus; c'est que si je ne m'étois pas lassé de ces expériences, qui ont duré plusieurs jours, j'aurois encore tiré par l'aimant une grande partie du restant de mes huit onces de platine: car l'aimant en attiroit encore quelques grains un à un, & quelquefois deux quand on a cessé de le présenter. Il y a donc beaucoup de fer dans la platine; & il n'y est pas simplement mêlé comme matière étrangère, mais intimément uni, & faisant partie de sa substance, ou si l'on veut le nier, il faudra supposer qu'il existe dans la Nature une seconde matière qui, comme le fer, est attirable par l'aimant; mais cette supposition gratuite tombera par les autres faits que je vais rapporter.

Toute la platine que j'ai eu occasion d'examiner, m'a paru mélangée de deux

matières différentes, l'une noire & très-attirable par l'aimant, l'autre en plus gros grains d'un blanc livide un peu jaunâtre & beaucoup moins magnétique que la première; entre ces deux matières qui ſont les deux extrêmes de cette eſpèce de mélange, ſe trouvent toutes les nuances intermédiaires, ſoit pour le magnétiſme, ſoit pour la couleur & la groſſeur des grains. Les plus magnétiques qui ſont en même temps les plus noirs & les plus petits, ſe réduiſent aiſément en poudre par un frottement aſſez léger, & laiſſent ſur le papier blanc la même couleur que le plomb frotté. Sept feuilles de papier dont on s'eſt ſervi ſucceſſivement pour expoſer la platine à l'action de l'aimant, ont été noircies ſur toute l'étendue qu'occupoit la platine, les dernières feuilles moins que les premières à meſure qu'elle ſe trioit, & que les grains qui reſtoient étoient moins noirs & moins magnétiques. Les plus gros grains, qui ſont les plus colorés & les moins magnétiques, au lieu de ſe réduire en pouſſière comme les petits grains noirs, ſont au contraire très-durs & réſiſtent à toute trituration;

néanmoins ils ſont ſuſceptibles d'extenſion dans un mortier d'agate *(c)*, ſous les coups réitérés d'un pilon de même matière, & j'en ai aplati & étendu pluſieurs grains au double & au triple de l'étendue de leur ſurface; cette partie de la platine a donc un certain degré de malléabilité & de ductilité, tandis que la partie noire ne paroît être ni malléable ni ductile. Les grains intermédiaires participent des qualités des deux extrêmes, ils ſont aigres & durs, ils ſe caſſent ou s'étendent plus difficilement ſous les coups du pilon, & donnent un peu de poudre noire, mais moins noire que la première.

Ayant recueilli cette poudre noire & les grains les plus magnétiques que l'aimant avoit attirés les premiers, j'ai reconnu que le tout étoit du vrai fer, mais dans un état différent du fer ordinaire. Celui-ci réduit en poudre & en limaille, ſe charge de l'humidité & ſe rouille aiſément; à meſure que la rouille le gagne, il devient

(c) Nota. Je n'ai pas voulu les étendre ſur le tas d'acier, dans la crainte de leur communiquer plus de magnétiſme qu'ils n'en ont naturellement.

moins magnétique & finit abſolument par perdre cette qualité magnétique lorſqu'il eſt entièrement & intimément rouillé : au lieu que cette poudre de fer, ou ſi l'on veut ce ſablon ferrugineux qui ſe trouve dans la platine, eſt au contraire inacceſſible à la rouille quelque long-temps qu'il ſoit expoſé à l'humidité; il eſt auſſi plus infuſible & beaucoup moins diſſoluble que le fer ordinaire, mais ce n'en eſt pas moins du fer qui ne m'a paru différer du fer connu que par une plus grande pureté. Ce ſablon eſt en effet du fer abſolument dépouillé de toutes les parties combuſtibles, ſalines & terreuſes qui ſe trouvent dans le fer ordinaire & même dans l'acier; il paroît enduit & recouvert d'un vernis vitreux qui le défend de toute altération. Et ce qu'il y a de très-remarquable, c'eſt que ce ſablon de fer pur n'appartient pas excluſivement à beaucoup près à la mine de platine; j'en ai trouvé, quoique toujours en petite quantité, dans pluſieurs endroits où l'on a fouillé les mines de fer qui ſe conſomment à mes forges. Comme je ſuis dans l'uſage de ſoumettre à pluſieurs épreuves toutes

les mines que je fais exploiter avant de me déterminer à les faire travailler en grand pour l'uſage de mes fourneaux; je fus aſſez ſurpris de voir que dans quelques-unes de ces mines, qui toutes ſont en grains, & dont aucune n'eſt attirable par l'aimant, il ſe trouvoit néanmoins des particules de fer un peu arrondies & luiſantes comme de la limaille de fer, & tout-à-fait ſemblables au ſablon ferrugineux de la platine, elles ſont tout auſſi magnétiques, tout auſſi peu fuſibles, tout auſſi difficilement diſſolubles; tel fut le réſultat de la comparaiſon que je fis du ſablon de la platine, & de ce ſablon trouvé dans deux de mes mines de fer à trois pieds de profondeur, dans des terreins où l'eau pénètre aſſez facilement: j'avois peine à concevoir d'où pouvoient provenir ces particules de fer; comment elles avoient pu ſe défendre de la rouille depuis des ſiècles qu'elles ſont expoſées à l'humidité de la terre, enfin comment ce fer très-magnétique pouvoit avoir été produit dans des veines de mines qui ne le ſont point du tout. J'ai appelé l'expérience à mon ſecours, & je me ſuis aſſez éclairé ſur

tous ces points pour être ſatisfait. Je ſavois, par un grand nombre d'obſervations, qu'aucune de nos mines de fer en grains n'eſt attirable par l'aimant; j'étois bien perſuadé, comme je le ſuis encore, que toutes les mines de fer qui ſont magnétiques, n'ont acquis cette propriété que par l'action du feu; que les mines du nord qui ſont aſſez magnétiques pour qu'on les cherche avec la bouſſole, doivent leur origine à l'élément du feu, tandis que toutes nos mines en grains qui ne ſont point du tout magnétiques, n'ont jamais ſubi l'action du feu, & n'ont été formées que par le moyen ou l'intermède de l'eau. Je penſai donc que ce ſablon ferrugineux & magnétique que je trouvois en petite quantité dans mes mines de fer, devoit ſon origine au feu; & ayant examiné le local, je me confirmai dans cette idée. Le terrein où ſe trouve ce ſablon magnétique eſt en bois, de temps immémorial, on y a fait très-anciennement, & on y fait tous les jours des fourneaux de charbon; il eſt auſſi plus que probable qu'il y a eu dans ces bois des incendies conſidérables. Le charbon & le bois brûlé,

ſur-tout en grande quantité, produiſent du mâchefer, & ce mâchefer renferme la partie la plus fixe du fer que contiennent les végétaux; c'eſt ce fer fixe qui forme le ſablon dont il eſt queſtion lorſque le mâchefer ſe décompoſe par l'action de l'air, du ſoleil & des pluies: car alors ces particules de fer pur qui ne ſont point ſujettes à la rouille ni à aucune autre eſpèce d'altération, ſe laiſſent entraîner par l'eau & pénètrent dans la terre avec elle à quelques pieds de profondeur. On pourra vérifier ce que j'avance ici, en faiſant broyer du mâchefer bien brûlé, on y trouvera toujours une petite quantité de ce fer pur, qui ayant réſiſté à l'action du feu, réſiſte également à celle des diſſolvans, & ne donne point de priſe à la rouille *(d)*.

(d) J'ai reconnu dans le cabinet d'Hiſtoire Naturelle, des ſablons ferrugineux de même eſpèce que celui de mes mines, qui m'ont été envoyés de différens endroits & qui ſont également magnétiques. On en trouve à Quimper en Bretagne, en Danemarck, en Sibérie, à Saint-Domingue, & les ayant tous comparés, j'ai vu que le ſablon ferrugineux de Quimper étoit celui qui reſſembloit le plus au mien, & qu'il n'en différoit que par

M'étant ſatisfait ſur ce point, & après avoir comparé le ſablon tiré de mes mines de fer & du mâchefer avec celui de la platine aſſez pour ne pouvoir douter de leur identité, je ne fus pas long-temps à penſer, vu la peſanteur ſpécifique de la platine, que ſi ce ſablon de fer pur, provenant de la décompoſition du mâchefer, au lieu d'être dans une mine de fer, ſe trouvoit dans le voiſinage d'une mine d'or, il auroit, en s'uniſſant à ce dernier métal, formé un alliage qui ſeroit abſolument de la même nature que la platine. On ſait que l'or & le fer ont un grand degré d'affinité; on ſait que la plupart des mines de fer contiennent une petite

---

un peu plus de peſanteur ſpécifique. Celui de Saint-Domingue eſt plus léger, celui de Danemarck eſt moins pur & plus mélangé de terre, & celui de Sibérie eſt en maſſe & en morceaux gros comme le pouce, ſolides, peſans, & que l'aimant ſoulève à peu-près comme ſi c'étoit une maſſe de fer pur. On peut donc préſumer que ces ſablons magnétiques provenans du mâchefer, ſe trouvent auſſi communément que le mâchefer même, mais ſeulement en bien plus petite quantité. Il eſt rare qu'on en trouve des amas un peu conſidérables, & c'eſt par cette raiſon qu'ils ont échappé, pour la plupart, aux recherches des Minéralogiſtes,

quantité d'or ; on ſait donner à l'or la teinture, la couleur & même l'aigre du fer en les faiſant fondre enſemble ; on emploie cet or couleur de fer ſur différens bijoux d'or, pour en varier les couleurs ; & cet or mêlé de fer eſt plus ou moins gris, & plus ou moins aigre, ſuivant la quantité de fer qui entre dans le mélange. J'en ai vu d'une teinte abſolument ſemblable à la couleur de la platine. Ayant demandé à un Orfévre quelle étoit la proportion de l'or & du fer dans ce mélange qui étoit de la couleur de la platine, il me dit que l'or de 24 karats n'étoit plus qu'à 18 karats, & qu'il y entroit un quart de fer. On verra que c'eſt à-peu-près la proportion qui ſe trouve dans la platine naturelle, ſi l'on en juge par la peſanteur ſpécifique. Cet or mêlé de fer eſt plus dur, plus aigre & ſpécifiquement moins peſant que l'or pur ; toutes ces convenances, toutes ces qualités communes avec la platine, m'ont perſuadé que ce prétendu métal n'eſt dans le vrai, qu'un alliage d'or & de fer, & non pas une ſubſtance particulière, un métal nouveau, parfait & différent de tous les

autres métaux, comme les Chimiſtes l'ont avancé.

On peut d'ailleurs ſe rappeler que l'alliage aigrit tous les métaux, & que quand il y a pénétration, c'eſt-à-dire, augmentation dans la peſanteur ſpécifique, l'alliage en eſt d'autant plus aigre que la pénétration eſt plus grande, & le mélange devenu plus intime, comme on le reconnoît dans l'alliage appelé *métal des cloches,* quoiqu'il ſoit compoſé de deux métaux très-ductiles. Or, rien n'eſt plus aigre ni plus peſant que la platine; cela ſeul auroit dû faire ſoupçonner que ce n'eſt qu'un alliage fait par la Nature, un mélange de fer & d'or, qui doit ſa peſanteur ſpécifique en partie à ce dernier métal, & peut-être auſſi en grande partie à la pénétration des deux matières dont il eſt compoſé.

Néanmoins cette peſanteur ſpécifique de la platine n'eſt pas auſſi grande que nos Chimiſtes l'ont publié. Comme cette matière traitée ſeule & ſans addition de fondans eſt très-difficile à réduire en maſſe, qu'on n'en peut obtenir au feu du miroir brûlant que de très-petites maſſes, & que les expériences hydroſtatiques faites ſur

des petits volumes, sont si défectueuses qu'on n'en peut rien conclure; il me paroît qu'on s'est trompé sur l'estimation de la pesanteur spécifique de ce minéral. J'ai mis de la poudre d'or dans un petit tuyau de plume que j'ai pesé très-exactement, j'ai mis dans le même tuyau un égal volume de platine, il pesoit près d'un dixième de moins, mais cette poudre d'or étoit beaucoup trop fine en comparaison de la platine. M. Tillet, qui joint à une connoissance approfondie des métaux, le talent rare de faire des expériences avec la plus grande précision, a bien voulu répéter à ma prière, celle de la pesanteur spécifique de la platine comparée à l'or pur. Pour cela, il s'est servi comme moi d'un tuyau de plume, & il a fait couper à la cisaille de l'or à 24 karats, réduit autant qu'il étoit possible à la grosseur des grains de la platine, & il a trouvé, par huit expériences, que la pesanteur de la platine différoit de celle de l'or pur d'un quinzième à très-peu-près, mais nous avons observé tous deux, que les grains d'or coupés à la cisaille avoient les angles beaucoup plus vifs que la platine; celle-ci

vue à la loupe, eſt à peu-près de la forme des galets roulés par l'eau, tous les angles ſont émouſſés, elle eſt même douce au toucher, au lieu que les grains de cet or coupés à la ciſaille, avoient des angles vifs & des pointes tranchantes, en ſorte qu'ils ne pouvoient pas s'ajuſter ni s'entaſſer les uns ſur les autres auſſi aiſément que ceux de la platine; tandis qu'au contraire la poudre d'or dont je me ſuis ſervi, étoit de l'or en paillettes, telles que les Arpailleurs les trouvent dans le ſable des rivières. Ces paillettes s'ajuſtent beaucoup mieux les unes contre les autres; j'ai trouvé environ un dixième de différence entre le poids ſpécifique de ces paillettes & celui de la platine; néanmoins ces paillettes ne ſont pas ordinairement d'or pur, il s'en faut ſouvent plus de deux ou trois karats, ce qui en doit diminuer en même rapport la peſanteur ſpécifique; ainſi tout bien conſidéré & comparé, nous avons cru qu'on pouvoit maintenir le réſultat de mes expériences, & aſſurer que la platine en grains & telle que la Nature la produit, eſt au moins d'un onzième ou d'un douzième moins

peſante que l'or. Il y a toute apparence que cette erreur de fait ſur la denſité de la platine, vient de ce qu'on ne l'aura pas peſée dans ſon état de nature, mais ſeulement après l'avoir réduite en maſſe : & comme cette fuſion ne peut ſe faire que par l'addition d'autres matières & à un feu très-violent, ce n'eſt plus de la platine pure, mais un compoſé dans lequel ſont entrées des matières fondantes, & duquel le feu a enlevé les parties les plus légères.

Ainſi la platine au lieu d'être d'une denſité égale ou preſqu'égale à celle de l'or pur, comme l'ont avancé les Auteurs qui en ont écrit, n'eſt que d'une denſité moyenne entre celle de l'or & celle du fer, & ſeulement plus voiſine de celle de ce premier métal que de celle du dernier. Suppoſant donc que le pied cube d'or pèſe treize cents vingt-ſix livres, & celui du fer pur cinq cents quatre-vingts livres, celui de la platine en grains ſe trouvera peſer environ onze cents quatre-vingt-quatorze livres, ce qui ſuppoſeroit plus des trois quarts d'or ſur un quart de fer dans cet alliage, s'il n'y a pas de pénétration ;

mais comme on en tire six septièmes à l'aimant, on pourroit croire que le fer y est en quantité de plus d'un quart, d'autant plus qu'en s'obstinant à cette expérience, je suis persuadé qu'on viendroit à bout d'enlever avec un fort aimant, toute la platine jusqu'au dernier grain. Néanmoins on n'en doit pas conclure que le fer y soit contenu en si grande quantité; car lorsqu'on le mêle par la fonte avec l'or, la masse qui résulte de cet alliage est attirable par l'aimant, quoique le fer n'y soit qu'en petite quantité: j'ai vu entre les mains de M. Baumé, un bouton de cet alliage pesant soixante-six grains, dans lequel il n'étoit entré que six grains, c'est-à-dire un onzième de fer, & ce bouton se laissoit enlever aisément par un bon aimant. Dès-lors la platine pourroit bien ne contenir qu'un onzième de fer sur dix onzièmes d'or, & donner néanmoins les mêmes phénomènes, c'est-à-dire, être attirée en entier par l'aimant; & cela s'accorderoit parfaitement avec la pesanteur spécifique qui est d'un douzième moindre que celle de l'or.

Mais ce qui me fait présumer que la platine contient plus d'un onzième de fer

ſur dix onzièmes d'or, c'eſt que l'alliage qui réſulte de cette proportion, eſt encore couleur d'or & beaucoup plus jaune que ne l'eſt la platine la plus colorée, & qu'il faut un quart de fer ſur trois quarts d'or pour que l'alliage ait préciſément la couleur naturelle de la platine. Je ſuis donc très-porté à croire qu'il pourroit bien y avoir cette quantité d'un quart de fer dans la platine. Nous nous ſommes aſſurés, M. Tillet & moi, par pluſieurs expériences, que le ſablon de ce fer pur que contient la platine, eſt plus peſant que la limaille de fer ordinaire; ainſi cette cauſe ajoutée à l'effet de la pénétration, ſuffit pour rendre raiſon de cette grande quantité de fer contenue ſous le petit volume indiqué par la peſanteur ſpécifique de la platine.

Au reſte, il eſt très-poſſible que je me trompe dans quelques-unes des conſéquences que j'ai cru devoir tirer de mes obſervations ſur cette ſubſtance métallique; je n'ai pas été à portée d'en faire un examen auſſi approfondi que je l'aurois voulu; ce que j'en dis, n'eſt que ce que j'ai vu, & pourra peut-être ſervir à faire voir mieux.

PREMIÈRE ADDITION.

COMME j'étois ſur le point de livrer ces feuilles à l'impreſſion, le haſard fit que je parlai de mes idées ſur la platine, à M. le comte de Milly qui a beaucoup de connoiſſances en Phyſique & en Chimie, il me répondit qu'il penſoit à peu-près comme moi ſur la nature de ce minéral, je lui donnai le Mémoire ci-deſſus pour l'examiner, & deux jours après il eut la bonté de m'envoyer les obſervations ſuivantes, que je crois auſſi bonnes que les miennes, & qu'il m'a permis de publier enſemble.

« J'ai peſé exactement trente-ſix grains » de platine, je l'ai étendue ſur une feuille » de papier blanc, pour pouvoir mieux » l'obſerver avec une bonne loupe, j'y » ai aperçu ou j'ai cru y apercevoir très- » diſtinctement, trois ſubſtances diffé- » rentes; la première avoit le brillant » métallique, elle étoit la plus abondante; » la ſeconde vitriforme, tirant ſur le noir, » reſſemble aſſez à une matière métallique » ferrugineuſe qui auroit ſubi un degré » de feu conſidérable, telles que des » ſcories de fer, appelées vulgairement

mâcheſer ; la troiſième, moins abondante «
que les deux premières, eſt du ſable de «
toutes couleurs où cependant le jaune, «
couleur de topaſe, domine ; chaque grain «
de ſable conſidéré à part, offre à la vue «
des criſtaux réguliers de différentes «
couleurs ; j'en ai remarqué de criſtalliſés «
en aiguilles hexagones, ſe terminant en «
pyramides comme le criſtal-de-roche, «
& il m'a ſemblé que ce ſable n'étoit qu'un «
detritus de criſtaux-de-roche ou de «
quartz de différentes couleurs. «

Je formai le projet de ſéparer, le «
plus exactement poſſible, ces différentes «
ſubſtances par le moyen de l'aimant & «
de mettre à part la partie la plus attirable «
à l'aimant, d'avec celle qui l'étoit moins, «
& enfin de celle qui ne l'étoit pas du «
tout ; enſuite d'examiner chaque ſubſ- «
tance en particulier & de les ſoumettre «
à différentes épreuves chimiques & «
mécaniques. «

Je mis à part les parties de la platine «
qui furent attirées avec vivacité à la «
diſtance de deux ou trois lignes, c'eſt- «
à-dire, ſans le contact de l'aimant, & «
je me ſervis pour cette expérience, «

» d'un bon aimant factice de M. l'Abbé....;
» ensuite je touchai avec ce même aimant
» le métal, & j'en enlevai tout ce qui
» voulut céder à l'effort magnétique, que
» je mis à part; je pesai ce qui étoit resté
» & qui n'étoit presque plus attirable;
» cette matière non attirable, & que je
» nommerai *n.° 4,* pesoit vingt-trois grains;
» *n.° 1.er* qui étoit le plus sensible à l'ai-
» mant, pesoit quatre grains; *n.° 2,* pesoit
» de même quatre grains; & *n.° 3,* cinq
» grains.
» *N.° 1.er* examiné à la loupe, n'offroit
» à la vue qu'un mélange de parties
» métalliques, d'un blanc sale tirant sur
» le gris, aplaties & arrondies en forme
» de galets & de sable noir vitriforme,
» ressemblant à du mâchefer pilé, dans
» lequel on aperçoit des parties très-
» rouillées, enfin telles que les scories de
» fer en présentent lorsqu'elles ont été
» exposées à l'humidité.
» *N.° 2* présentoit à peu-près la même
» chose, à l'exception que les parties
» métalliques dominoient, & qu'il n'y en
» avoit que très-peu de rouillées.
» *N.° 3* étoit la même chose, mais

les parties métalliques étoient plus volu- «
mineuſes, elles reſſembloient à du métal «
fondu, & qui a été jeté dans l'eau pour «
le diviſer en grenailles, elles ſont aplaties, «
elles affectent toutes ſortes de figures, «
mais arrondies ſur les bords à la manière «
des galets qui ont été roulés & polis «
par les eaux. «

N.° 4 qui n'avoit point été enlevé «
par l'aimant, mais dont quelques parties «
donnoient encore des marques de ſen- «
ſibilité au magnétiſme, lorſqu'on paſſoit «
l'aimant ſous le papier où elles étoient «
étendues, étoit un mélange de ſable, «
de parties métalliques & de vrai mâchefer «
friable ſous les doigts, qui noirciſſoit à «
la manière du mâchefer ordinaire. Le «
ſable ſembloit être composé de petits «
criſtaux de topaſe, de cornaline & de «
criſtal-de-roche; j'en écraſai quelques «
criſtaux ſur un tas d'acier, & la poudre «
qui en réſulta étoit comme du vernis «
réduit en poudre; je fis la même choſe «
au mâchefer, il s'écraſa avec la plus «
grande facilité, & il m'offrit une poudre «
noire ferrugineuſe qui noirciſſoit le «
papier comme le mâchefer ordinaire. «

» Les parties métalliques de ce dernier » *(n.° 4)*, me parurent plus ductiles sous » le marteau que celles du *n.° 1.er*, ce » qui me fit croire qu'elles contenoient » moins de fer que les premières ; d'où » il s'ensuit que la platine pourroit fort » bien n'être qu'un mélange de fer & » d'or fait par la Nature, ou peut-être » de la main des hommes, comme je le » dirai par la suite.

» Je tâcherai d'examiner, par tous les » moyens qui me seront possibles, la » nature de la platine, si je peux en » avoir à ma disposition en suffisante » quantité ; en attendant, voici les expé- » riences que j'ai faites.

» Pour m'assurer de la présence du fer » dans la platine par des moyens chi- » miques, je pris les deux extrêmes, c'est- » à-dire, *n.° 1.er* qui étoit très-attirable à » l'aimant, & *n.° 4* qui ne l'étoit pas, je » les arrosai avec l'esprit-de-nitre un » peu fumant, j'observai avec la loupe ce » qui en résulteroit, mais je n'y aperçus » aucun mouvement d'effervescence ; j'y » ajoutai de l'eau distillée, & il ne se fit » encore aucun mouvement, mais les

parties

parties métalliques ſe décapèrent, & elles «
prirent un nouveau brillant ſemblable «
à celui de l'argent ; j'ai laiſſé ce mélange «
tranquille pendant cinq ou ſix minutes, «
& ayant encore ajouté de l'eau, j'y laiſſai «
tomber quelques gouttes de la liqueur «
alkaline ſaturée de la matière colorante «
du bleu de Pruſſe, & ſur le champ le «
n.° 1.er me donna un très-beau bleu de «
Pruſſe. «

Le *n.° 4* ayant été traité de même, «
& quoiqu'il ſe fût refuſé à l'action de «
l'aimant & à celle de l'eſprit-de-nitre, «
me donna de même que le *n.° 1.er* du «
très-beau bleu de Pruſſe. «

Il y a deux choſes fort ſingulières «
à remarquer dans ces expériences, «
1.° il paſſe pour conſtant parmi les «
Chimiſtes qui ont traité de la platine, «
que l'eau-forte ou l'eſprit-de-nitre n'a «
aucune action ſur elle ; cependant, «
comme on vient de le voir, il s'en «
diſſout aſſez, quoique ſans efferveſ- «
cence, pour donner du bleu de Pruſſe «
orſqu'on y ajoute de la liqueur alkaline «
phlogiſtiquée & ſaturée de la matière «

» colorante, qui, comme on ſait, précipite
» le fer en bleu de Pruſſe.

» 2.° La platine qui n'eſt pas ſenſible
» à l'aimant, n'en contient pas moins du
» fer, puiſque l'eſprit-de-nitre en diſſout
» aſſez, ſans occaſionner d'efferveſcence,
» pour former du bleu de Pruſſe.

» D'où il s'enſuit que cette ſubſtance
» que les Chimiſtes modernes, peut-être
» trop avides du merveilleux & de vouloir
» donner du nouveau, regardent comme
» un huitième métal, pourroit bien n'être,
» comme je l'ai dit, qu'un mélange d'or
» & de fer.

» Il reſte ſans doute bien des expé-
» riences à faire pour pouvoir déterminer
» comment ce mélange a pu avoir lieu,
» ſi c'eſt l'ouvrage de la Nature, &
» comment; ou ſi c'eſt le produit de
» quelque volcan, ou ſimplement le pro-
» duit des travaux que les Eſpagnols ont
» faits dans le nouveau monde pour retirer
» l'or des mines du Pérou : je ferai mention
» par la ſuite de mes conjectures là-
» deſſus.

» Si l'on frotte de la platine naturelle
» ſur un linge blanc, elle le noircit comme

pourroit le faire le mâchefer ordinaire, «
ce qui m'a fait ſoupçonner que ce ſont «
les parties de fer réduites en mâchefer «
qui ſe trouvent dans la platine qui «
donnent cette couleur, & qui ne ſont «
dans cet état que pour avoir éprouvé «
l'action d'un feu violent. D'ailleurs ayant «
examiné une ſeconde fois de la platine «
avec ma loupe, j'y aperçus différens «
globules de mercure coulant, ce qui «
me fit imaginer que la platine pourroit «
bien être un produit de la main des «
hommes, & voici comment. «

La platine, à ce qu'on m'a dit, ſe «
tire des mines les plus anciennes du «
Pérou, que les Eſpagnols ont exploi- «
tées après la conquête du nouveau «
monde: dans ces temps reculés on ne «
connoiſſoit guère que deux manières «
d'extraire l'or des ſables qui le conte- «
noient; 1.° par l'amalgame du mercure, «
2.° par le départ à ſec: on trituroit le «
ſable aurifère avec du mercure, & «
lorſqu'on jugeoit qu'il s'étoit chargé «
de la plus grande partie de l'or, on «
rejetoit le ſable qu'on nommoit *craſſe*, «
comme inutile & de nulle valeur. «

» Le départ à ſec ſe faiſoit avec auſſi
» peu d'intelligence ; pour y vaquer, on
» commençoit par minéraliſer les métaux
» aurifères par le moyen du ſoufre qui
» n'a point d'action ſur l'or, dont la
» peſanteur ſpécifique eſt plus grande que
» celle des autres métaux ; mais pour faci-
» liter ſa précipitation on ajoute du fer en
» limaille qui s'empare du ſoufre ſur-
» abondant, méthode qu'on ſuit encore
» aujourd'hui *(e)*. La force du feu vitrifie
» une partie du fer, l'autre ſe combine
» avec une petite portion d'or & même
» d'argent qui le mêle avec les ſcories,
» d'où on ne peut le retirer que par
» pluſieurs fontes, & ſans être bien inſtruit
» des intermèdes convenables que les Do-
» cimaſiſtes emploient. La Chimie qui
» s'eſt perfectionnée de nos jours, donne
» à la vérité les moyens de retirer cet or
» & cet argent en plus grande partie ; mais
» dans le temps où les Eſpagnols exploi-
» toient les mines du Pérou, ils ignoroient

(e) Voyez les Élémens docimaſtiques de Cramer ; l'Art de traiter les mines, par Schulter, Schindeler, &c.

ſans doute l'art de traiter les mines avec «
le plus grand profit ; & d'ailleurs ils «
avoient de ſi grandes richeſſes à leur «
diſpoſition, qu'ils négligeoient vraiſem- «
blablement les moyens qui leur auroient «
coûté de la peine, des ſoins & du temps ; «
ainſi il y a apparence qu'ils ſe conten- «
toient d'une première fonte, & jetoient «
les ſcories comme inutiles, ainſi que «
le ſable qui avoit paſſé par le mercure, «
peut-être même ne faiſoient-ils qu'un «
tas de ces deux mélanges, qu'ils regar- «
doient comme de nulle valeur. «

Ces ſcories contenoient encore de «
l'or, beaucoup de fer ſous différens «
états, & cela en des proportions diffé- «
rentes qui nous ſont inconnues, mais «
qui ſont telles peut-être qu'elles peuvent «
avoir donné l'exiſtence à la platine. Les «
globules de mercure que j'ai obſervés, «
& les paillettes d'or que j'ai vues diſtinc- «
tement, à l'aide d'une bonne loupe, «
dans la platine que j'ai eue entre les «
mains, m'ont fait naître les idées que «
je viens d'écrire ſur l'origine de ce «
minéral ; mais je ne les donne que comme «
des conjectures haſardées ; il faudroit «

» pour en acquérir quelque certitude, » ſavoir au juſte où ſont ſituées les mines » de la platine; ſi elles ont été exploitées » anciennement, ſi on la tire d'un terrein » neuf, ou ſi ce ne ſont que des dé- » combres, à quelle profondeur on la » trouve, & enfin ſi la main des hommes » y eſt exprimée ou non. Tout cela » pourroit aider à vérifier ou à détruire les conjectures que j'ai avancées *(f)*. »

REMARQUES.

CES obſervations de M. le comte de Milly, confirment les miennes dans preſque tous les points. La Nature eſt une, & ſe préſente toujours la même à ceux qui la ſavent obſerver; ainſi l'on ne doit pas être ſurpris que ſans aucune communication, M. de Milly ait vu les mêmes choſes que moi, & qu'il en ait tiré la même

(f) M. le baron de Sickingen, Miniſtre de l'Électeur Palatin, a dit à M. de Milly, avoir actuellement entre les mains deux Mémoires qui lui ont été remis par M. Kellner, Chimiſte & Métallurgiſte, attaché à M. le Prince de Birckenfeld, à Manheim, qui offre à la cour d'Eſpagne, de rendre à peu-près autant d'or peſant qu'on lui livrera de platine.

conſéquence, que la platine n'eſt point un nouveau métal, différent de tous les autres métaux, mais un mélange de fer & d'or. Pour concilier encore de plus près ſes obſervations avec les miennes, & pour éclaircir en même temps les doutes qui reſtent en grand nombre ſur l'origine & ſur la formation de la platine, j'ai cru devoir ajouter les remarques ſuivantes.

1.° M. le comte de Milly diſtingue dans la platine trois eſpèces de matières: ſavoir, deux métalliques, & la troiſième non métallique, de ſubſtance & de forme quartzeuſe ou criſtalline; il a obſervé comme moi, que des deux matières métalliques, l'une eſt très-attirable par l'aimant, & que l'autre l'eſt très-peu ou point du tout. J'ai fait mention de ces deux matières comme lui, mais je n'ai pas parlé de la troiſième qui n'eſt pas métallique, parce qu'il n'y en avoit point ou très-peu dans la platine ſur laquelle j'ai fait mes obſervations. Il y a apparence que la platine dont s'eſt ſervi M. de Milly, étoit moins pure que la mienne que j'ai obſervée avec ſoin, & dans laquelle je n'ai vu que quelques petits globules tranſparens comme du verre

blanc fondu, qui étoient unis à des particules de platine ou de ſablon ferrugineux, & qui ſe laiſſoient enlever enſemble par l'aimant. Ces globules tranſparens étoient en très-petit nombre, & dans huit onces de platine que j'ai bien regardée & fait regarder à d'autres avec une loupe très-forte, on n'a point aperçu de criſtaux réguliers. Il m'a paru au contraire que toutes les particules tranſparentes étoient globuleuſes comme du verre fondu, & toutes attachées à des parties métalliques, comme le laitier s'attache au fer lorſqu'on le fond. Néanmoins comme je ne doutois point du tout de la vérité de l'obſervation de M. de Milly, qui avoit vu dans ſa platine des particules quartzeuſes & criſtallines, de forme régulière & en grand nombre; j'ai cru ne devoir pas me borner à l'examen de la ſeule platine dont j'ai parlé ci-devant: j'en ai trouvé au Cabinet du Roi que j'ai examinée avec M. Daubenton, de l'Académie des Sciences, & qui nous a paru à tous deux bien moins pure que la première, & nous y avons en effet remarqué un grand nombre de petits criſtaux priſmatiques & tranſparens, les

uns couleur de rubis-balai, d'autres couleur de topaſe, & d'autres enfin parfaitement blancs; ainſi M. le comte de Milly ne s'étoit point trompé dans ſon obſervation; mais ceci prouve ſeulement qu'il y a des mines de platine bien plus pures les unes que les autres, & que dans celles qui le ſont le plus, il ne ſe trouve point de ces corps étrangers. M. Daubenton a auſſi remarqué quelques grains aplatis par-deſſous & renflés par-deſſus, comme ſeroit une goutte de métal fondu qui ſe ſeroit refroidie ſur un plan. J'ai vu très-diſtinctement un de ces grains hémiſphériques, & cela pourroit indiquer que la platine eſt une matière qui a été fondue par le feu; mais il eſt bien ſingulier que dans cette matière fondue par le feu, on trouve des petits criſtaux, des topaſes & des rubis, & je ne ſais ſi l'on ne doit pas ſoupçonner de la fraude de la part de ceux qui ont fourni cette platine, & qui, pour en augmenter la quantité, auront pu la mêler avec ces ſables criſtallins, car je le répète, je n'ai point trouvé de ces criſtaux dans plus d'une demi-livre de platine que m'a donnée M. le comte d'Angivillers.

2.° J'ai trouvé, comme M. de Milly, des paillettes d'or dans la platine, elles sont aisées à reconnoître par leur couleur, & parce qu'elles ne sont point du tout magnétiques ; mais j'avoue que je n'ai pas aperçu les globules de mercure qu'a vus M. de Milly. Je ne veux pas pour cela nier leur existence ; seulement il me semble que les paillettes d'or se trouvant avec ces globules de mercure dans la même matière, elles seroient bientôt amalgamées, & ne conserveroient pas la couleur jaune de l'or que j'ai remarquée dans toutes les paillettes d'or que j'ai pu trouver dans une demi-livre de platine *(g)*. D'ailleurs les globules transparens, dont je viens de parler, ressemblent beaucoup à des globules de mercure vif & brillant, en sorte qu'au premier coup d'œil il est aisé de s'y tromper.

3.° Il y avoit beaucoup moins de parties ternes & rouillées dans ma première platine

---

(g) J'ai trouvé depuis dans d'autre platine des paillettes d'or qui n'étoient pas jaunes, mais brunes & même noires comme le sablon ferrugineux de la platine, qui probablement leur avoit donné cette couleur noirâtre.

que dans celle de M. de Milly, & ce n'eſt pas proprement de la rouille qui couvre la ſurface de ces particules ferrugineuſes, mais une ſubſtance noire, produite par le feu, & tout-à-fait ſemblable à celle qui couvre la ſurface du fer brûlé : mais ma ſeconde platine, c'eſt-à-dire, celle que j'ai priſe au Cabinet du Roi, avoit encore de commun avec celle de M. le comte de Milly, d'être mélangée de quelques parties ferrugineuſes, qui, ſous le marteau, ſe réduiſoient en pouſſière jaune & avoient tous les caractères de la rouille. Ainſi cette platine du Cabinet du Roi, & celle de M. de Milly, ſe reſſemblant à tous égards, il eſt vraiſemblable qu'elles ſont venues du même endroit & par la même voie; je ſoupçonne même que toutes deux ont été ſophiſtiquées & mélangées de près de moitié, avec des matières étrangères criſtallines & ferrugineuſes rouillées, qui ne ſe trouvent pas dans la platine naturelle.

4.° La production du bleu de Pruſſe par la platine, me paroît prouver évidemment la préſence du fer dans la partie même de ce minéral qui eſt la moins

attirable à l'aimant, & confirmer en même temps ce que j'ai avancé du mélange intime du fer dans sa substance. Le décapement de la platine par l'esprit de nitre, prouve que quoiqu'il n'y ait point d'effervescence sensible, cet acide ne laisse pas d'agir sur la platine d'une manière évidente, & que les Auteurs qui ont assuré le contraire, ont suivi leur routine ordinaire, qui consiste à regarder comme nulle toute action qui ne produit pas l'effervescence. Ces deux expériences de M. de Milly me paroissent très-importantes, elles seroient même décisives si elles réussissoient toujours également.

5.° Il nous manque en effet beaucoup de connoissances qui seroient nécessaires, pour pouvoir prononcer affirmativement sur l'origine de la platine. Nous ne savons rien de l'histoire naturelle de ce minéral, & nous ne pouvons trop exhorter ceux qui sont à portée de l'examiner sur les lieux, de nous faire part de leurs observations. En attendant, nous sommes forcés de nous borner à des conjectures, dont quelques-unes me paroissent seulement plus vraisemblables que les autres. Par

exemple, je ne crois pas que la platine ſoit l'ouvrage des hommes; les Mexicains & les Péruviens ſavoient fondre & travailler l'or avant l'arrivée des Eſpagnols, & ils ne connoiſſoient pas le fer, qu'il auroit néanmoins fallu employer dans le départ à ſec en grande quantité. Les Eſpagnols eux-mêmes n'ont point établi de fourneaux à fondre les mines de fer en cette contrée, dans les premiers temps qu'ils l'ont habitée; il y a donc toute apparence qu'ils ne ſe ſont pas ſervis de limaille de fer pour le départ de l'or, du moins dans les commencemens de leurs travaux, qui d'ailleurs ne remontent pas à deux ſiècles & demi, temps beaucoup trop court pour une production auſſi abondante que celle de la platine, qu'on ne laiſſe pas de trouver en aſſez grande quantité & dans pluſieurs endroits.

D'ailleurs lorſqu'on mêle de l'or avec du fer, en les faiſant fondre enſemble, on peut toujours, par les voies chimiques, les ſéparer & retirer l'or en entier; au lieu que juſqu'à préſent les Chimiſtes n'ont pu faire cette ſéparation dans la platine, ni déterminer la quantité d'or contenue

dans ce minéral : cela ſemble prouver que l'or y eſt uni d'une manière plus intime que dans l'alliage ordinaire, & que le fer y eſt auſſi, comme je l'ai dit, dans un état différent de celui du fer commun. La platine ne me paroît donc pas être l'ouvrage de l'homme, mais le produit de la Nature, & je ſuis très-porté à croire qu'elle doit ſa première origine au feu des volcans. Le fer brûlé, autant qu'il eſt poſſible, intimément uni avec l'or par la ſublimation ou par la fuſion, peut avoir produit ce minéral, qui, d'abord ayant été formé par l'action du feu le plus violent, aura enſuite éprouvé les impreſſions de l'eau & les frottemens réitérés qui lui ont donné la forme qu'ils donnent à tous les autres corps, c'eſt-à-dire, celle des galets & des angles émouſſés. Mais il ſe pourroit auſſi que l'eau ſeule eût produit la platine ; car en ſuppoſant l'or & le fer tous deux diviſés autant qu'ils peuvent l'être par la voie humide, leurs molécules, en ſe réuniſſant, auront pu former les grains qui la compoſent, & qui depuis les plus peſans juſqu'aux plus légers, contiennent tous de l'or & du

fer. La propoſition du Chimiſte qui offre de rendre à peu-près autant d'or qu'on lui fournira de platine, ſembleroit indiquer qu'il n'y a en effet qu'un onzième de fer ſur dix onzièmes d'or dans ce minéral ou peut-être encore moins; mais l'à-peu-près de ce Chimiſte, eſt probablement d'un cinquième ou d'un quart, & ce ſeroit toujours beaucoup ſi ſa promeſſe pouvoit ſe réaliſer à un quart près.

SECONDE ADDITION.

M'ÉTANT trouvé à Dijon, cet été 1773, l'Académie des Sciences & Belles-Lettres de cette ville, dont j'ai l'honneur d'être Membre, me parut deſirer d'entendre la lecture de mes obſervations ſur la platine; je m'y prêtai d'autant plus volontiers, que ſur une matière auſſi neuve on ne peut trop s'informer ni conſulter aſſez, & que j'avois lieu d'eſpérer de tirer quelques lumières d'une compagnie qui raſſemble beaucoup de perſonnes inſtruites en tous genres. M. de Morveau, Avocat général au Parlement de Bourgogne, auſſi ſavant Phyſicien que grand Juriſconſulte, prit la réſolution de travailler

ſur la platine; je lui donnai une portion de celle que j'avois attirée par l'aimant, & une portion de celle qui avoit paru inſenſible au magnétiſme, en le priant d'expoſer ce minéral ſingulier au plus grand feu qu'il lui ſeroit poſſible de faire, & quelque temps après il m'a remis les expériences ſuivantes, qu'il a trouvé bon de joindre ici avec les miennes.

Expériences faites par M. de Morveau, en Septembre 1773.

« M. le comte de Buffon, dans un » voyage qu'il a fait à Dijon, cet été » 1773, m'ayant fait remarquer dans un » demi-gros de platine, que M. Baumé » m'avoit remis en 1768, des grains en » forme de boutons, d'autres plus plats, » & quelques-uns noirs & écailleux; & » ayant ſéparé avec l'aimant ceux qui » étoient attirables de ceux qui ne don- » noient aucun ſigne ſenſible de magné- » tiſme, j'ai eſſayé de former le bleu de » Pruſſe avec les uns & les autres. J'ai » verſé de l'acide nitreux fumant ſur les » parties non-attirables qui peſoient deux

grains & demi; ſix heures après, j'ai « étendu l'acide par de l'eau diſtillée, & « j'y ai verſé de la liqueur alkaline ſaturée « de matière colorante, il n'y a pas eu « un atome de bleu, la platine avoit « ſeulement un coup d'œil plus brillant. « J'ai pareillement verſé de l'acide fumant « ſur les 33 grains $\frac{1}{2}$ de platine reſtante, « dont partie étoit attirable, la liqueur « étendue après le même intervalle de « temps, le même alkali Pruſſien en a « précipité une fécule bleue qui couvroit « le fond d'un vaſe aſſez large. La platine « après cette opération étoit bien décapée « comme la première, je l'ai lavée & « ſéchée, & j'ai vérifié qu'elle n'avoit « perdu qu'un quart de grain ou $\frac{1}{138}$; « l'ayant examinée en cet état, j'y ai « aperçu un grain d'un beau jaune qui « s'eſt trouvé une paillette d'or. «

M. de Fourcy avoit nouvellement « publié que la diſſolution d'or étoit auſſi « précipitée en bleu par l'alkali Pruſſien, « & avoit conſigné ce fait dans une Table « d'affinité; je fus tenté de répéter cette « expérience, je verſai en conſéquence « de la liqueur alkaline phlogiſtiquée dans «

» de la diſſolution d'or de départ, mais la
» couleur de cette diſſolution ne changea
» pas, ce qui me fait ſoupçonner que la
» diſſolution d'or employée par M. de
» Fourcy, pouvoit bien n'être pas auſſi
» pure.

» Et dans le même temps, M. le comte
» de Buffon m'ayant donné une aſſez
» grande quantité d'autre platine pour en
» faire quelques eſſais, j'ai entrepris de
» la ſéparer de tous les corps étrangers
» par une bonne fonte; voici la manière
» dont j'ai procédé, & les réſultats que
» j'ai eus.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

» AYANT mis un gros de platine dans
» une petite coupelle, ſous la mouffle du
» fourneau, donné par M. Macquer
» dans les Mémoires de l'Académie des
» Sciences, *année 1758,* j'ai ſoutenu le
» feu pendant deux heures, la mouffle
» s'eſt affaiſſée, les ſupports avoient coulé;
» cependant la platine s'eſt trouvée ſeu-
» lement aglutinée, elle tenoit à la coupelle
» & y avoit laiſſé des taches couleur de
» rouille; la platine étoit alors terne, même

un peu noire, & n'avoit pris qu'un «
quart de grain d'augmentation de poids, «
quantité bien foible en comparaiſon de «
celle que d'autres Chimiſtes ont obſer- «
vée; ce qui me ſurprit d'autant plus, «
que ce gros de platine, ainſi que toute «
celle que j'ai employée aux autres expé- «
riences, avoit été enlevé ſucceſſivement «
par l'aimant, & faiſoit portion des ſix ſep- «
tièmes de 8 onces dont M. de Buffon a «
parlé dans le Mémoire ci-deſſus. «

Deuxième expérience.

Un demi-gros de la même platine, «
expoſé au même feu dans une coupelle, «
s'eſt auſſi aglutiné, elle étoit adhérente «
à la coupelle, ſur laquelle elle avoit «
laiſſé des taches de couleur de rouille; «
l'augmentation de poids s'eſt trouvée à «
peu-près dans la même proportion, & «
la ſurface auſſi noire. «

Troisième expérience.

J'ai remis ce même demi-gros dans «
une nouvelle coupelle, mais au lieu de «
mouffle, j'ai renverſé ſur le ſupport un «
creuſet de plomb noir de Paſſaw; j'avois «

» eu l'attention de n'employer pour support que des têts d'argile pure très-réfractaire, par ce moyen je pouvois augmenter la violence du feu & prolonger sa durée, sans craindre de voir couler les vaisseaux, ni obstruer l'argile par les scories; cet appareil ainsi placé dans le fourneau, j'y ai entretenu pendant quatre heures un feu de la dernière violence; lorsque tout a été refroidi, j'ai trouvé le creuset bien conservé, soudé au support; ayant brisé cette soudure vitreuse, j'ai reconnu que rien n'avoit pénétré dans l'intérieur du creuset qui paroissoit seulement plus luisant qu'il n'étoit auparavant. La coupelle avoit conservé sa forme & sa position, elle étoit un peu fendillée, mais pas assez pour se laisser pénétrer, aussi le bouton de platine n'y étoit-il pas adhérent; ce bouton n'étoit encore qu'aglutiné, mais d'une manière bien plus serrée que la première fois, les grains étoient moins saillans, la couleur en étoit plus claire, le brillant plus métallique; & ce qu'il y eut de plus remarquable, c'est qu'il s'étoit élancé de sa surface, pendant

l'opération, & probablement dans les « premiers inſtans du refroidiſſement, trois « jets de verre, dont l'un plus élevé, « parfaitement ſphérique, étoit porté ſur « un pédicule d'une ligne de hauteur, « de la même matière tranſparente & « vitreuſe; ce pédicule avoit à peine un « ſixième de ligne, tandis que le globule « avoit une ligne de diamètre, d'une « couleur uniforme, avec une légère teinte « de rouge, qui ne déroboit rien à ſa « tranſparence; des deux autres jets de « verre, le plus petit avoit un pédicule « comme le plus gros, & le moyen n'avoit « point de pédicule, & étoit ſeulement « attaché à la platine par ſa ſurface exté- « rieure. «

Quatrième expérience.

J'ai eſſayé de coupeller la platine, « & pour cela j'ai mis dans une coupelle « un gros des mêmes grains enlevés par « l'aimant, avec deux gros de plomb. « Après avoir donné un très-grand feu « pendant deux heures, j'ai trouvé dans « la coupelle un bouton adhérent, cou- « vert d'une croûte jaunâtre & un peu «

» ſpongieuſe, du poids de 2 gros 12
» grains, ce qui annonçoit que la platine
» avoit retenu 1 gros 12 grains de plomb.
» J'ai remis ce bouton dans une autre
» coupelle au même fourneau, obſervant
» de le retourner, il n'a perdu que 12
» grains dans un feu de deux heures,
» ſa couleur & ſa forme avoient très-
» peu changé.
» Je lui ai appliqué enſuite le vent
» du ſoufflet après l'avoir placé dans une
» nouvelle coupelle couverte d'un creuſet
» de Paſſaw, dans la partie inférieure d'un
» fourneau de fuſion dont j'avois ôté la
» grille; le bouton a pris alors un coup
» d'œil plus métallique, toujours un peu
» terne, & cette fois il a perdu 18 grains.
» Le même bouton ayant été remis
» dans le fourneau de M. Macquer, tou-
» jours placé dans une coupelle couverte
» d'un creuſet de Paſſaw, je ſoutins le
» feu pendant trois heures, après leſquelles
» je fus obligé de l'arrêter, parce que les
» briques qui ſervoient de ſupport, avoient
» entièrement coulé; le bouton étoit
» devenu de plus en plus métallique, il
» adhéroit pourtant à la coupelle, il avoit

perdu cette fois 34 grains. Je le jetai «
dans l'acide nitreux fumant pour eſſayer «
de le décaper, il y eut un peu d'effer- «
veſcence lorſque j'ajoutai de l'eau diſ- «
tillée, le bouton y perdit effectivement «
deux grains, & j'y remarquai quelques «
petits trous, comme ceux que laiſſe «
le départ. «

Il ne reſtoit plus que 22 grains de «
plomb alliés à la platine, à en juger «
par l'excédant de ſon poids; je com- «
mençai à eſpérer de vitrifier cette dernière «
portion de plomb, & pour cela je mis «
ce bouton dans une coupelle neuve, «
je diſpoſai le tout comme dans la troi- «
ſième expérience, je me ſervis du même «
fourneau, en obſervant de dégager «
continuellement la grille, d'entretenir «
au-devant dans le courant d'air qu'il «
attiroit, une évaporation continuelle par «
le moyen d'une capſule que je rem- «
pliſſois d'eau de temps en temps, & «
de laiſſer un moment la chape entr'ou- «
verte lorſqu'on venoit de remplir le «
fourneau de charbon; ces précautions «
augmentèrent tellement l'activité du feu, «
qu'il falloit recharger de dix minutes «

» en dix minutes, je le ſoutins au même
» degré pendant quatre heures & je laiſſai
» refroidir.
» Je reconnus le lendemain que le
» creuſet de plomb noir avoit réſiſté,
» que les ſupports n'étoient que fayencés
» par les cendres; je trouvai dans la
» coupelle un bouton bien raſſemblé,
» nullement adhérent, d'une couleur con-
» tinue & uniforme, approchant plus de
» la couleur de l'étain que de tout autre
» métal, ſeulement un peu raboteux; en
» un mot, peſant un gros très-juſte,
» rien de plus, rien de moins.
» Tout annonçoit donc que cette platine
» avoit éprouvé une fuſion parfaite, qu'elle
» étoit parfaitement pure, car pour ſup-
» poſer qu'elle tenoit encore du plomb,
» il faudroit ſuppoſer auſſi que ce minéral
» avoit juſtement perdu de ſa propre
» ſubſtance autant qu'il avoit retenu de
» matière étrangère; & une telle préciſion
» ne peut être l'effet d'un pur haſard.
» Je devois paſſer quelques jours avec
» M. le comte de Buffon, dont la ſociété
» a, ſi je puis le dire, le même charme
» que ſon ſtile, dont la converſation eſt
auſſi

aussi pleine que ses livres, je me fis «
un plaisir de lui porter les produits de «
ces essais, & je remis à les examiner «
ultérieurement avec lui. «

1.° Nous avons observé que le gros «
de platine aglutinée de la première expé- «
rience, n'étoit pas attiré en bloc par «
l'aimant, que cependant le barreau mag- «
nétique avoit une action marquée sur «
les grains que l'on en détachoit. «

2.° Le demi-gros de la troisième «
expérience n'étoit non-seulement pas «
attirable en masse, mais les grains que «
l'on en séparoit ne donnoient plus eux- «
mêmes aucun signe de magnétisme. «

3.° Le bouton de la quatrième expé- «
rience étoit aussi absolument insensible «
à l'approche de l'aimant, ce dont nous «
nous assurames, en mettant le bouton «
en équilibre dans une balance très-sen- «
sible, & lui présentant un très-fort «
aimant jusqu'au contact, sans que son «
approche ait le moindrement dérangé «
l'équilibre. «

4.° La pesanteur spécifique de ce «
bouton fut déterminée par une bonne «
balance hydrostatique, & pour plus de «

» ſûreté, comparée à l'or de monnoie & » au globe d'or très-pur, employé par » M. de Buffon à ſes belles expériences » ſur le progrès de la chaleur; leur denſité » ſe trouva avoir les rapports ſuivans, avec » l'eau dans laquelle ils furent plongés.

» Le globe d'or. . . . . $19\frac{34}{1}$.
» L'or de monnoie. . . . . $17\frac{1}{2}$.
» Le bouton de platine. . . . . $14\frac{2}{5}$.
»

» 5.° Ce bouton fut porté ſur un tas » d'acier pour eſſayer ſa ductilité, il ſoutint » fort bien quelques coups de marteau, » ſa ſurface devint plane & même un peu » polie dans les endroits frappés, mais il » ſe fendit bientôt après, & il s'en détacha » une portion, faiſant à peu-près le ſixième » de la totalité; la fracture préſenta plu- » ſieurs cavités, dont quelques-unes » d'environ une ligne de diamètre avoient » la blancheur & le brillant de l'argent, » on remarquoit dans d'autres de petites » pointes élancées, comme les criſtalliſa- » tions dans les géodes; le ſommet de » l'une de ces pointes vu à la loupe, » étoit un globule abſolument ſemblable, » pour la forme, à celui de la troiſième

expérience & auſſi de matière vitreuſe «
tranſparente, autant que ſon extrême «
petiteſſe permettoit d'en juger. Au «
reſte, toutes les parties du bouton étoient «
compactes, bien liées, & le grain plus «
fin, plus ſerré que celui du meilleur «
acier après la plus forte trempe, auquel «
il reſſembloit d'ailleurs par la couleur. «

6.° Quelques portions de ce bouton, «
ainſi réduites en parcelles à coups de «
marteau ſur le tas d'acier, nous leur «
avons préſenté l'aimant, & aucune n'a «
été attirée; mais les ayant encore pul- «
vériſées dans un mortier d'agate, nous «
avons remarqué que le barreau magné- «
tique en enlevoit quelques-unes des «
plus petites toutes les fois qu'on le poſoit «
immédiatement deſſus. «

Cette nouvelle apparition du magné- «
tiſme étoit d'autant plus ſurprenante, que «
les grains détachés de la maſſe aglutinée «
de la deuxième expérience, nous avoient «
paru avoir perdu eux-mêmes toute ſen- «
ſibilité à l'approche & au contact de «
l'aimant; nous reprimes en conſéquence, «
quelques-uns de ces grains, ils furent «
de même réduits en pouſſière dans le «

» mortier d'agate, & nous vimes bientôt
» les parties les plus petites, s'attacher
» sensiblement au barreau aimanté, il n'est
» pas possible d'attribuer cet effet au poli
» de la surface du barreau ni à aucune
» autre cause étrangère au magnétisme,
» un morceau de fer aussi poli, appliqué
» de la même manière sur les parties de
» cette platine, n'en a jamais pu enlever
» une seule.
» Par le récit exact de ces expériences
» & des observations auxquelles elles ont
» donné lieu, on peut juger de la difficulté
» de déterminer la nature de la platine;
» il est bien certain que celle-ci contenoit
» quelques parties vitrifiables, & vitrifiables
» même sans addition à un grand feu; il
» est bien sûr que toute platine contient
» du fer & des parties attirables; mais si
» l'alkali Prussien ne donnoit jamais du
» bleu qu'avec les grains que l'aimant a
» enlevés, il semble qu'on en pourroit
» conclure, que ceux qui lui résistent
» absolument sont de la platine pure, qui
» n'a par elle-même aucune vertu mag-
» nétique, & que le fer n'en fait pas
» partie essentielle. On devoit espérer

« qu'une fusion aussi avancée, une cou-
« pellation aussi parfaite décideroient au
« moins cette question, tout annonçoit
« qu'en effet ces opérations l'avoient
« dépouillée de toute vertu magnétique en
« la séparant de tous corps étrangers,
« mais la dernière observation prouve,
« d'une manière invincible, que cette
« propriété magnétique n'y étoit réelle-
« ment qu'affoiblie, & peut-être masquée
« ou ensévelie, puisqu'elle a reparu lors-
qu'on l'a broyée. »

REMARQUES.

De ces expériences de M. de Morveau, & des observations que nous avons ensuite faites ensemble, il résulte :

1.° Qu'on peut espérer de fondre la platine sans addition dans nos meilleurs fourneaux, en lui appliquant le feu plusieurs fois de suite, parce que les meilleurs creusets ne pourroient résister à l'action d'un feu aussi violent, pendant tout le temps qu'exigeroit l'opération complète.

2.° Qu'en la fondant avec le plomb, & la coupellant successivement & à plusieurs reprises, on vient à bout de vitrifier

tout le plomb, & que cette opération pourroit à la fin la purger d'une partie des matières étrangères qu'elle contient.

3.° Qu'en la fondant sans addition, elle paroît se purger elle-même en partie des matières vitrescibles qu'elle renferme, puisqu'il s'élance à sa surface des petits jets de verre qui forment des masses assez considérables, & qu'on en peut séparer aisément après le refroidissement.

4.° Qu'en faisant l'expérience du bleu de Prusse avec les grains de platine qui paroissent les plus insensibles à l'aimant, on n'est pas toujours sûr d'obtenir de ce bleu, comme cela ne manque jamais d'arriver avec les grains qui ont plus ou moins de sensibilité au magnétisme; mais comme M. de Morveau a fait cette expérience sur une très-petite quantité de platine, il se propose de la répéter.

5.° Il paroît que ni la fusion ni la coupellation ne peuvent détruire dans la platine tout le fer dont elle est intimément pénétrée; les boutons fondus ou coupellés, paroissoient à la vérité également insensibles à l'action de l'aimant, mais les ayant brisés dans un mortier d'agate & sur un

tas d'acier, nous y avons retrouvé des parties magnétiques, d'autant plus abondantes que la platine étoit réduite en poudre plus fine: le premier bouton, dont les grains ne s'étoient qu'aglutinés, rendit étant broyé, beaucoup plus de parties magnétiques que le second & le troisième, dont les grains avoient subi une plus forte fusion, mais néanmoins tous deux étant broyés, fournirent des parties magnétiques, en sorte qu'on ne peut pas douter qu'il n'y ait encore du fer dans la platine, après qu'elle a subi les plus violens efforts du feu & l'action dévorante du plomb dans la coupelle; ceci semble achever de démontrer que ce minéral est réellement un mélange intime d'or & de fer, que jusqu'à présent l'art n'a pu séparer.

6.° Je fis encore, avec M. de Morveau, une autre observation sur cette platine fondue & ensuite broyée, c'est qu'elle reprend, en se brisant, précisément la même forme des galets arrondis & aplatis qu'elle avoit avant d'être fondue; tous les grains de cette platine fondue & brisée, sont semblables à ceux de la platine

naturelle, tant pour la forme que pour la variété de grandeur, & ils ne paroissent en différer que parce qu'il n'y a que les plus petits qui se laissent enlever à l'aimant, & en quantité d'autant moindre, que la platine a subi plus de feu. Cela paroît prouver aussi que quoique le feu ait été assez fort, non-seulement pour brûler & vitrifier, mais même pour chasser au-dehors une partie du fer avec les autres matières vitrescibles qu'elle contient, la fusion néanmoins n'est pas aussi complète que celle des autres métaux parfaits, puisqu'en la brisant les grains reprennent la même figure qu'ils avoient avant la fonte.



QUATRIÈME MÉMOIRE.

Expériences sur la ténacité & sur la décomposition du Fer.

On a vu dans le premier Mémoire, que le fer perd de sa pesanteur à chaque fois qu'on le chauffe à un feu violent, & que des boulets chauffés trois fois jusqu'au blanc, ont perdu la douzième partie de leur poids; on seroit d'abord porté à croire, que cette perte ne doit être attribuée qu'à la diminution du volume du boulet, par les scories qui se détachent de la surface & tombent en petites écailles; mais si l'on fait attention que les petits boulets, dont par conséquent la surface est plus grande, relativement au volume, que celle des gros, perdent moins, & que les gros boulets perdent proportionnellement plus que les petits; on sentira bien que la perte totale de poids, ne doit pas être simplement attribuée à la chute des écailles qui se détachent de la surface, mais encore à une altération

intérieure de toutes les parties de la masse que le feu violent diminue, & rend d'autant plus légère qu'il est appliqué plus souvent & plus long-temps *(a)*.

Et en effet, si l'on recueille à chaque fois les écailles qui se détachent de la surface des boulets, on trouvera que sur un boulet de 5 pouces qui, par exemple, aura perdu huit onces par une première chaude, il n'y aura pas une once de ces écailles détachées, & que tout le reste de la perte de poids ne peut être attribué qu'à cette altération intérieure de la substance du fer qui perd de sa densité à chaque fois qu'on le chauffe; en sorte que si l'on réitéroit souvent cette même opération, on réduiroit le fer à n'être plus qu'une matière friable & légère, dont on ne pourroit faire aucun usage; car j'ai

---

(a) Une expérience familière & qui semble prouver que le fer perd de sa masse à mesure qu'on le chauffe, même à un feu très-médiocre, c'est que les fers à friser lorsqu'on les a souvent trempés dans l'eau pour les refroidir, ne conservent pas le même degré de chaleur au bout d'un temps. Il s'en élève aussi des écailles lorsqu'on les a souvent chauffés & trempés; ces écailles sont du véritable fer.

remarqué que les boulets non-ſeulement avoient perdu de leur poids, c'eſt-à-dire, de leur denſité, mais qu'en même temps ils avoient auſſi beaucoup perdu de leur ſolidité; c'eſt-à-dire, de cette qualité dont dépend la cohérence des parties; car j'ai vu, en les faiſant frapper, qu'on pouvoit les caſſer d'autant plus aiſément qu'ils avoient été chauffés plus ſouvent & plus long-temps.

C'eſt ſans doute parce que l'on ignoroit juſqu'à quel point va cette altération du fer, ou plutôt parce qu'on ne s'en doutoit point du tout, que l'on imagina, il y a quelques années, dans notre Artillerie, de chauffer les boulets dont il étoit queſtion de diminuer le volume *(b)*. On m'a aſſuré que le calibre des canons nouvellement fondus, étant plus étroit que celui des anciens canons, il a fallu diminuer les boulets, & que pour y parvenir, on a fait rougir ces boulets à blanc, afin de les ratiſſer enſuite plus aiſément en les faiſant tourner : on m'a ajouté, que ſouvent

(b) M. le marquis de Vallière ne s'occupoit point lors des travaux de l'Artillerie.

on eſt obligé de les faire chauffer cinq, ſix & même huit & neuf fois pour les réduire autant qu'il eſt néceſſaire. Or, il eſt évident par mes expériences, que cette pratique eſt mauvaiſe, car un boulet chauffé à blanc neuf fois, doit perdre au moins le quart de ſon poids, & peut-être les trois quarts de ſa ſolidité. Devenu caſſant & friable, il ne peut ſervir pour faire brèche, puiſqu'il ſe briſe contre les murs, & devenu léger il a auſſi pour les pièces de campagne le grand déſavantage de ne pouvoir aller auſſi loin que les autres.

En général, ſi l'on veut conſerver au fer ſa ſolidité & ſon nerf, c'eſt-à-dire, ſa maſſe & ſa force, il ne faut l'expoſer au feu ni plus ſouvent ni plus long-temps qu'il eſt néceſſaire; il ſuffira, pour la plupart des uſages, de le faire rougir ſans pouſſer le feu juſqu'au blanc, ce dernier degré de chaleur ne manque jamais de le détériorer: & dans les ouvrages où il importe de lui conſerver tout ſon nerf, comme dans les bandes que l'on forge pour les canons de fuſil, il faudroit, s'il étoit poſſible, ne les chauffer qu'une fois

pour les battre, plier & ſouder par une ſeule opération; car, quand le fer a acquis ſous le marteau, toute la force dont il eſt ſuſceptible, le feu ne fait plus que la diminuer; c'eſt aux Artiſtes à voir juſqu'à quel point ce métal doit être malléé pour acquérir tout ſon nerf, & cela ne ſeroit pas impoſſible à déterminer par des expériences; j'en ai fait quelques-unes que je vais rapporter ici.

I.

UNE boucle de fer de 18 lignes $\frac{2}{3}$ de groſſeur, c'eſt-à-dire, 348 lignes quarrées pour chaque montant de fer, ce qui fait pour le tout 696 lignes quarrées de fer, a caſſé ſous le poids de 28 milliers qui tiroit perpendiculairement; cette boucle de fer avoit environ 10 pouces de largeur, ſur 13 pouces de hauteur, & elle étoit à très-peu près de la même groſſeur partout. Cette boucle a caſſé preſque au milieu des branches perpendiculaires, & non pas dans les angles.

Si l'on vouloit conclure du grand au petit ſur la force du fer par cette expérience, il ſe trouveroit que chaque ligne

quarrée de fer tirée perpendiculairement, ne pourroit porter qu'environ 40 livres.

I I.

CEPENDANT ayant mis à l'épreuve un fil de fer d'une ligne un peu forte de diamètre, ce morceau de fil de fer a porté, avant de se rompre, 482 livres. Et un pareil morceau de fil de fer, n'a rompu que sous la charge de 495 livres; en sorte qu'il est à présumer qu'une verge quarrée d'une ligne de ce même fer auroit porté encore davantage, puisqu'elle auroit contenu quatre segmens aux quatre coins du quarré inscrit au cercle, de plus que le fil de fer rond, d'une ligne de diamètre.

Or cette disproportion dans la force du fer en gros & du fer en petit, est énorme. Le gros fer que j'avois employé, venoit de la forge d'Aisy sous Rougemont, il étoit sans nerf & à gros grain, & j'ignore de quelle forge étoit mon fil de fer, mais la différence de la qualité du fer, quelque grande qu'on voulût la supposer, ne peut pas faire celle qui se trouve ici dans leur résistance, qui, comme

l'on voit, eſt douze fois moindre dans le gros fer que dans le petit.

I I I.

J'AI fait rompre une autre boucle de fer de 18 lignes ½ de groſſeur, du même fer de la forge d'Aiſy; elle ne ſupporta de même que 28450 livres, & rompit encore preſque dans le milieu des deux montans.

I V.

J'AVOIS fait faire en même temps une boucle du même fer que j'avois fait reforger pour le partager en deux, en ſorte qu'il ſe trouva réduit à une barre de 9 lignes ſur 18; l'ayant miſe à l'épreuve, elle ſupporta avant de rompre, la charge de 17300 livres, tandis qu'elle n'auroit dû porter tout au plus que 14 milliers, ſi elle n'eût pas été forgée une ſeconde fois.

V.

UNE autre boucle de fer de 16 lignes ¾ de groſſeur, ce qui fait pour chaque montant à peu-près 280 lignes quarrées, c'eſt-à-dire, 560, a porté 24600 livres,

au lieu qu'elle n'auroit dû porter que 22400 livres, si je ne l'eusse pas fait forger une seconde fois.

V I.

Un cadre de fer de la même qualité, c'est-à-dire, sans nerf & à gros grains, & venant de la même forge d'Aisy, que j'avois fait établir pour empêcher l'écartement des murs du haut fourneau de mes forges, & qui avoit 26 pieds d'un côté sur 22 pieds de l'autre, ayant cassé par l'effort de la chaleur du fourneau dans les deux points milieux des deux plus longs côtés, j'ai vu que je pouvois comparer ce cadre aux boucles des expériences précédentes, parce qu'il étoit du même fer, & qu'il a cassé de la même manière: or ce fer avoit 21 lignes de gros, ce qui fait 441 lignes quarrées, & ayant rompu comme les boucles aux deux côtés opposés, cela fait 882 lignes quarrées qui se sont séparées par l'effort de la chaleur. Et comme nous avons trouvé par les expériences précédentes, que 696 lignes quarrées du même fer ont cassé sous le poids de 28 milliers, on doit en conclure

que 882 lignes de ce même fer n'auroient rompu que ſous un poids de 35480 livres, & que par conſéquent l'effort de la chaleur devoit être eſtimé comme un poids de 35480 livres. Ayant fait fabriquer pour contenir le mur intérieur de mon fourneau, dans le fondage qui ſe fit après la rupture de ce cadre, un cercle de 26 pieds $\frac{1}{2}$ de circonférence, avec du fer nerveux provenant de la fonte & de la fabrique de mes forges, cela m'a donné le moyen de comparer la ténacité du bon fer avec celle du fer commun. Ce cercle de 26 pieds $\frac{1}{2}$ de circonférence étoit de deux pièces, retenues & jointes enſemble par deux clavettes de fer paſſées dans des anneaux forgés au bout des deux bandes de fer; la largeur de ces bandes étoit de 30 lignes ſur 5 d'épaiſſeur; cela fait 150 lignes quarrées qu'on ne doit pas doubler, parce que ſi ce cercle eût rompu, ce n'auroit été qu'en un ſeul endroit, & non pas en deux endroits oppoſés comme les boucles ou le grand cadre quarré. Mais l'expérience me démontra que pendant un fondage de quatre mois, où la chaleur étoit même plus grande que dans

le fondage précédent, ces 150 lignes de bon fer réſiſtèrent à ſon effort qui étoit de 35480 livres; d'où l'on doit conclure avec certitude entière, que le bon fer, c'eſt-à-dire, le fer qui eſt preſque tout nerf, eſt au moins cinq fois auſſi tenace que le fer ſans nerf & à gros grains.

Que l'on juge par-là de l'avantage qu'on trouveroit à n'employer que du bon fer nerveux dans les bâtimens & dans la conſtruction des vaiſſeaux, il en faudroit les trois quarts moins, & l'on auroit encore un quart de ſolidité de plus.

Par de ſemblables expériences, & en faiſant malléer une fois, deux fois, trois fois des verges de fer de différentes groſſeurs, on pourroit s'aſſurer du *maximum* de la force du fer, combiner d'une manière certaine la légèreté des armes avec leur ſolidité, ménager la matière dans les autres ouvrages ſans craindre la rupture, en un mot, travailler ce métal ſur des principes uniformes & conſtans. Ces expériences ſont le ſeul moyen de perfectionner l'art de la manipulation du fer; l'État en tireroit de très-grands avantages, car il ne faut pas croire que la qualité du fer dépende

de celle de la mine ; que, par exemple, le fer d'Angleterre, ou d'Allemagne, ou de Suède ſoit meilleur que celui de France ; que le fer de Berri ſoit plus doux que celui de Bourgogne : la nature des mines n'y fait rien ; c'eſt la manière de les traiter qui fait tout, & ce que je puis aſſurer pour l'avoir vu par moi-même, c'eſt qu'en malléant beaucoup & chauffant peu, on donne au fer plus de force, & qu'on approche de ce *maximum* dont je ne puis que recommander la recherche, & auquel on peut arriver par les expériences que je viens d'indiquer.

Dans les boulets que j'ai ſoumis pluſieurs fois à l'épreuve du plus grand feu, j'ai vu que le fer perd de ſon poids & de ſa force d'autant plus qu'on le chauffe plus ſouvent & plus long-temps ; ſa ſubſtance ſe décompoſe, ſa qualité s'altère, & enfin il dégénère en une eſpèce de mâchefer ou de matière poreuſe, légère, qui ſe réduit en une ſorte de chaux par la violence & la longue application du feu : le mâchefer commun eſt d'une autre eſpèce, & quoique vulgairement on croie que le mâchefer ne provient & même

ne peut provenir que du fer, j'ai la preuve du contraire. Le mâchefer eſt à la vérité une matière produite par le feu, mais pour le former il n'eſt pas néceſſaire d'employer du fer ni aucun autre métal; avec du bois & du charbon brûlé & pouſſé à un feu violent, on obtiendra du mâchefer en aſſez grande quantité; & ſi l'on prétend que ce mâchefer ne vient que du fer contenu dans le bois (parce que tous les végétaux en contiennent plus ou moins), je demande pourquoi l'on ne peut pas en tirer du fer même une plus grande quantité qu'on en tire du bois, dont la ſubſtance eſt ſi différente de celle du fer. Dès que ce fait me fut connu par l'expérience, il me fournit l'intelligence d'un autre fait qui m'avoit paru inexplicable juſques alors. On trouve dans les terres élevées, & ſur-tout dans des forêts où il n'y a ni rivières ni ruiſſeaux, & où par conſéquent il n'y a jamais eu de forges, non plus qu'aucun indice de volcan ou de feux ſouterrains; on trouve, dis-je, ſouvent des gros blocs de mâchefer que deux hommes auroient peine à enlever: j'en ai vus pour la première fois en 1745,

à Montigny-l'Encoupe, dans les forêts de M. de Trudaine; j'en ai fait chercher & trouvé depuis dans nos bois de Bourgogne, qui ſont encore plus éloignés de l'eau que ceux de Montigny; on en a trouvé en pluſieurs endroits: les petits morceaux m'ont paru provenir de quelques fourneaux de charbon qu'on aura laiſſé brûler, mais les gros ne peuvent venir que d'un incendie dans la forêt lorſqu'elle étoit en pleine venue, & que les arbres y étoient aſſez grands & aſſez voiſins pour produire un feu très-violent & très-long-temps nourri.

Le mâchefer, qu'on peut regarder comme un réſidu de la combuſtion du bois, contient du fer; & l'on verra dans un autre Mémoire les expériences que j'ai faites, pour reconnoître par ce réſidu la quantité de fer qui entre dans la compoſition des végétaux. Et cette terre morte ou cette chaux dans laquelle le fer ſe réduit par la trop longue action du feu, ne m'a pas paru contenir plus de fer que le mâchefer du bois, ce qui ſemble prouver que le fer eſt comme le bois une matière combuſtible, que le feu peut également

dévorer en l'appliquant ſeulement plus violemment & plus long-temps. Pline dit, avec grande raiſon, *ferrum accenſum igni, niſi duretur ictibus, corrumpitur (c).* On en ſera perſuadé ſi l'on obſerve dans une forge la première loupe que l'on tire de la gueuſe, cette loupe eſt un morceau de fer fondu pour la ſeconde fois, & qui n'a pas encore été forgé, c'eſt-à-dire, conſolidé par le marteau; lorſqu'on le tire de la chaufferie où il vient de ſubir le feu le plus violent, il eſt rougi à blanc, il jette non-ſeulement des étincelles ardentes, mais il brûle réellement d'une flamme très-vive qui conſommeroit une partie de ſa ſubſtance ſi on tardoit trop de temps à porter cette loupe ſous le marteau; ce fer ſeroit, pour ainſi dire, détruit avant que d'être formé, il ſubiroit l'effet complet de la combuſtion ſi le coup du marteau, en rapprochant ſes parties trop diviſées par le feu, ne commençoit à lui faire prendre le premier degré de ſa ténacité. On le tire dans cet état & encore tout rouge de deſſous le marteau, & on le

(c) Hiſt. nat. *lib. XXXIV, cap. XV.*

reporte au foyer de l'affinerie où il se pénètre d'un nouveau feu; lorsqu'il est blanc on le transporte de même & le plus promptement possible au marteau, sous lequel il se consolide & s'étend beaucoup plus que la première fois; enfin on remet encore cette pièce au feu & on la reporte au marteau, sous lequel on l'achève en entier. C'est ainsi qu'on travaille tous les fers communs, on ne leur donne que deux ou tout au plus trois volées de marteau, aussi n'ont-ils pas à beaucoup près la ténacité qu'ils pourroient acquérir si on les travailloit moins précipitamment. La force du marteau non-seulement comprime les parties du fer trop divisées par le feu, mais en les rapprochant elle chasse les matières étrangères & le purifie en le consolidant. Le déchet du fer en gueuse est ordinairement d'un tiers, dont la plus grande partie se brûle, & le reste coule en fusion & forme ce qu'on appelle *les crasses du fer:* ces crasses sont plus pesantes que le mâchefer du bois, & contiennent encore une assez grande quantité de fer, qui est à la vérité très-impur & très-aigre, mais dont on peut

néanmoins tirer parti en mêlant ces craſſes broyées & en petite quantité avec la mine que l'on jette au fourneau ; j'ai l'expérience qu'en mêlant un ſixième de ces craſſes avec cinq ſixièmes de mine épurée par mes cribles, la fonte ne change pas ſenſiblement de qualité, mais ſi l'on en met davantage elle devient plus caſſante, ſans néanmoins changer de couleur ni de grain. Mais ſi les mines ſont moins épurées, ces craſſes gâtent abſolument la fonte, parce qu'étant déjà très-aigre & très-caſſante par elle-même, elle le devient encore plus par cette addition de mauvaiſe matière, en ſorte que cette pratique qui peut devenir utile entre les mains d'un habile maître de l'art, produira dans d'autres mains de ſi mauvais effets, qu'on ne pourra ſe ſervir ni des fers ni des fontes qui en proviendront.

Il y a néanmoins des moyens, je ne dis pas de changer, mais de corriger un peu la mauvaiſe qualité de la fonte, & d'adoucir à la chaufferie l'aigreur du fer qui en provient. Le premier de ces moyens eſt de diminuer la force du vent, ſoit en changeant l'inclinaiſon de la tuyère, ſoit

ſoit en ralentiſſant le mouvement des ſoufflets, car plus on preſſe le feu plus le fer devient aigre. Le ſecond moyen, & qui eſt encore plus efficace, c'eſt de jeter ſur la loupe de fer qui ſe ſépare de la gueuſe, une certaine quantité de gravier calcaire ou même de chaux toute faite; cette chaux ſert de fondant aux parties vitrifiables que le fer aigre contient en trop grande quantité, & le purge de ſes impuretés. Mais ce ſont de petites reſſources auxquelles il ne faut pas ſe mettre dans le cas d'avoir recours, ce qui n'arriveroit jamais ſi l'on ſuivoit les procédés que j'ai donnés pour faire de bonne fonte *(i)*.

Lorſqu'on fait travailler les Affineurs à leur compte & qu'on les paye au millier, ils font comme les Fondeurs, le plus de fer qu'ils peuvent dans leur ſemaine, ils conſtruiſent le foyer de leur chaufferie de la manière la plus avantageuſe pour eux, ils preſſent le feu, trouvent que les ſoufflets ne donnent jamais aſſez de vent,

---

(i) On trouvera ces procédés dans mes Mémoires ſur la fuſion des mines de fer.

ils travaillent moins la loupe & font ordinairement en deux chaudes ce qui en exigeroit au moins trois ; on ne fera donc jamais fûr d'avoir du fer d'une bonne & même qualité qu'en payant les ouvriers au mois, & en faifant caffer à la fin de chaque femaine quelques barres du fer qu'ils livrent, pour reconnoître s'ils ne fe font pas ou trop preffés ou négligés. Le fer en bandes plates eft toujours plus nerveux que le fer en barreaux ; s'il fe trouve deux tiers de nerf fur un tiers de grain dans les bandes, on ne trouvera dans les barreaux, quoique faits de même étoffe, qu'environ un tiers de nerf fur deux tiers de grain, ce qui prouve bien clairement que la plus ou moins grande force du fer vient de la différente application du marteau ; s'il frappe plus conftamment, plus fréquemment fur un même plan, comme celui des bandes plates, il en rapproche & en réunit mieux les parties, que s'il frappe prefque alternativement fur deux plans différens pour faire les barreaux quarrés : auffi eft-il plus difficile de bien fouder du barreau que de la bande, & lorfqu'on veut faire du fer de *tirerie*,

qui doit être en barreaux de treize lignes & d'un fer très-nerveux & aſſez ductile pour être converti en fil de fer, il faut le travailler plus lentement à l'affinerie, ne le tirer du feu que quand il eſt preſque fondant & le faire ſuer ſous le marteau le mieux qu'il eſt poſſible, afin de lui donner tout le nerf dont il eſt ſuſceptible ſous cette forme quarrée, qui eſt la plus ingrate, mais qui paroît néceſſaire ici, parce qu'il faut enſuite tirer de ces barreaux, qu'on coupe environ à quatre pieds, une verge de dix-huit ou vingt pieds par le moyen du martinet, ſous lequel on l'alonge après l'avoir chauffée; c'eſt ce qu'on appelle de la *verge crénelée*, elle eſt quarrée comme le barreau dont elle provient, & porte ſur les quatre faces des enfoncemens ſucceſſifs, qui ſont les empreintes profondes de chaque coup du martinet ou petit marteau ſous lequel on la travaille. Ce fer doit être de la plus grande ductilité pour paſſer juſqu'à la plus petite filière, & en même temps il ne faut pas qu'il ſoit trop doux, mais aſſez ferme pour ne pas donner trop de déchet; ce point eſt aſſez difficile à ſaiſir, auſſi n'y a-t-il en

France que deux ou trois forges dont on puiſſe tirer ces fers pour les fileries.

La bonne fonte eſt à la vérité la baſe de tout bon fer, mais il arrive ſouvent que par de mauvaiſes pratiques on gâte ce bon fer. Une de ces mauvaiſes pratiques, la plus généralement répandue, & qui détruit le plus le nerf & la ténacité du fer, c'eſt l'uſage où ſont les ouvriers de preſque toutes les forges, de tremper dans l'eau la première portion de la pièce qu'ils viennent de travailler, afin de pouvoir la manier & la reprendre plus promptement; j'ai vu, avec quelque ſurpriſe, la prodigieuſe différence qu'occaſionne cette trempe, ſur-tout en hiver & lorſque l'eau eſt froide, non-ſeulement elle rend caſſant le meilleur fer, mais même elle en change le grain & en détruit le nerf, au point qu'on n'imagineroit pas que c'eſt le même fer, ſi l'on n'en étoit pas convaincu par ſes yeux en faiſant caſſer l'autre bout du même barreau, qui n'ayant point été trempé, conſerve ſon nerf & ſon grain ordinaire. Cette trempe en été fait beaucoup moins de mal, mais en fait toujours un peu : & ſi l'on veut avoir du fer toujours

de la même bonne qualité, il faut abſolument proſcrire cet uſage, ne jamais tremper le fer chaud dans l'eau, & attendre, pour le manier, qu'il ſe refroidiſſe à l'air.

Il faut que la fonte ſoit bien bonne pour produire du fer auſſi nerveux, auſſi tenace que celui qu'on peut tirer des vieilles ferrailles refondues, non pas en les jetant au fourneau de fuſion, mais en les mettant au feu de l'affinerie; tous les ans on achette pour mes forges une aſſez grande quantité de ces vieilles ferrailles, dont, avec un peu de ſoin, l'on fait d'excellent fer. Mais il y a du choix dans ces ferrailles; celles qui proviennent des rognures de la tôle ou des morceaux caſſés du fil de fer, qu'on appelle des *riblons*, ſont les meilleurs de toutes, parce qu'elles ſont d'un fer plus pur que les autres; on les achette auſſi quelque choſe de plus, mais en général ces vieux fers, quoique de qualité médiocre, en produiſent de très-bon lorſqu'on ſait les traiter. Il ne faut jamais les mêler avec la fonte, ſi même il s'en trouve quelques morceaux parmi les ferrailles, il faut les ſéparer: il faut auſſi mettre une certaine quantité de

craſſes dans le foyer, & le feu doit être moins pouſſé, moins violent que pour le travail du fer en gueuſe, ſans quoi l'on brûleroit une grande partie de ſa ferraille qui, quand elle eſt bien traitée & de bonne qualité, ne donne qu'un cinquième de déchet, & conſomme moins de charbon que le fer de la gueuſe. Les craſſes qui ſortent de ces vieux fers, ſont en bien moindre quantité, & ne conſervent pas à beaucoup près autant de particules de fer que les autres. Avec des riblons qu'on renvoie des fileries que fourniſſent mes forges, & des rognures de tôle ciſaillées que je fais fabriquer, j'ai ſouvent fait du fer qui étoit tout nerf, & dont le déchet n'étoit preſque que d'un ſixième; tandis que le déchet du fer en gueuſe eſt communément du double, c'eſt-à-dire, d'un tiers, & ſouvent de plus du tiers ſi l'on veut obtenir du fer d'excellente qualité.

M. de Montbeillard, Lieutenant-colonel au régiment royal d'Artillerie, ayant été chargé pendant pluſieurs années de l'inſpection des manufactures d'armes à Charleville, Maubeuge & Saint-Étienne, a bien voulu me communiquer un Mémoire

qu'il a préſenté au Miniſtre, & dans lequel il traite de cette fabrication du fer avec de vieilles ferrailles, il dit, avec grande raiſon, « que les ferrailles qui ont beaucoup de ſurface, & celles qui proviennent des « vieux fers & clous de chevaux ou « fragmens de petits cylindres ou quarrés « tords, ou des anneaux & boucles, toutes « pièces qui ſuppoſent que le fer qu'on a « employé pour les fabriquer étoit ſouple, « liant & ſuſceptible d'être plié, étendu « ou tordu, doivent être préférées & « recherchées pour la fabrication des « canons de fuſil ». On trouve dans ce même Mémoire de M. de Montbeillard d'excellentes réflexions ſur les moyens de perfectionner les armes à feu, & d'en aſſurer la réſiſtance par le choix du bon fer & par la manière de le traiter; l'Auteur rapporte une très-bonne expérience *(k)*,

---

(k) Qu'on prenne une barre de fer, large de deux à trois pouces, épaiſſe de deux à trois lignes, qu'on la chauffe au rouge, & qu'avec la panne du marteau on y pratique dans ſa longueur une cannelure ou cavité, qu'on la plie ſur elle-même pour la doubler & corroyer, l'on remplira enſuite la cannelure des écailles ou pailles en queſtion; on lui

qui prouve clairement que les vieilles ferrailles & même les écailles ou exfoliations qui se détachent de la surface du fer, & que bien des gens prennent pour des scories, se soudent ensemble de la manière la plus intime, & que par conséquent le fer qui en provient est d'aussi bonne & peut-être de meilleure qualité qu'aucun autre. Mais en même temps il conviendra avec moi, & il observe même dans la suite de son Mémoire, que cet excellent fer ne doit pas être employé seul, par la raison même qu'il

---

donnera une chaude douce d'abord en rabattant les bords, pour empêcher qu'elles ne s'échappent, & on battra la barre comme on le pratique pour corroyer le fer avant de la chauffer au blanc; on la chauffera ensuite blanche & fondante, & la pièce soudera à merveille, on la cassera à froid & l'on n'y verra rien qui annonce que la soudure n'ait pas été complète & parfaite, & que toutes les parties du fer ne se soient pas pénétrées réciproquement sans laisser aucun espace vide. J'ai fait cette expérience aisée à répéter, qui doit rassurer sur les pailles, soit qu'elles soient plates ou qu'elles aient la forme d'aiguilles, puisqu'elles ne sont autre chose que du fer, comme la barre avec laquelle on les incorpore, où elles ne forment plus qu'une même masse avec elle.

eſt trop parfait; & en effet, un fer qui, ſortant de la forge, a toute ſa perfection, n'eſt excellent que pour être employé tel qu'il eſt, ou pour des ouvrages qui ne demandent que des chaudes douces; car toute chaude vive, toute chaleur à blanc le dénature; j'en ai fait des épreuves plus que réitérées ſur des morceaux de toute groſſeur; le petit fer ſe dénature un peu moins que le gros, mais tous deux perdent la plus grande partie de leur nerf dès la première chaude à blanc; une ſeconde chaude pareille change & achève de détruire le nerf, elle altère même la qualité du grain qui, de fin qu'il étoit, devient groſſier & brillant comme celui du fer le plus commun; une troiſième chaude rend ces grains encore plus gros, & laiſſe déjà voir entre leurs interſtices des parties noires de matière brûlée; enfin en continuant de lui donner des chaudes, on arrive au dernier degré de ſa décompoſition, & on le réduit en une terre morte qui ne paroît plus contenir de ſubſtance métallique, & dont on ne peut faire aucun uſage. Car cette terre morte n'a pas, comme la plupart des autres chaux

métalliques, la propriété de se revivifier par l'application des matières combustibles; elle ne contient guère plus de fer que le mâchefer commun tiré du charbon des végétaux; au lieu que les chaux des autres métaux se revivifient presque en entier ou du moins en très-grande partie, & cela achève de démontrer que le fer est une matière presqu'entièrement combustible.

Ce fer que l'on tire, tant de cette terre ou chaux de fer, que du mâchefer provenant du charbon, m'a paru d'une singulière qualité, il est très-magnétique & très-infusible, j'ai trouvé du petit sable noir aussi magnétique, aussi indissoluble, & presque infusible dans quelques-unes des mines que j'ai fait exploiter; ce sablon ferrugineux & magnétique se trouve mêlé avec les grains de mine qui ne le sont point du tout, & provient certainement d'une cause toute autre: le feu a produit ce sablon magnétique, & l'eau les grains de mine; & lorsque par hasard ils se trouvent mélangés, c'est que le hasard a fait qu'on a brûlé de grands amas de bois, ou qu'on a fait des fourneaux de charbon sur le terrein qui renferme les

mines; & que ce ſablon ferrugineux qui n'eſt que le détriment du mâchefer que l'eau ne peut ni rouiller ni diſſoudre, a pénétré par la filtration des eaux auprès des lits de mine en grains, qui ſouvent ne ſont qu'à deux ou trois pieds de profondeur. On a vu dans le Mémoire précédent, que ce ſablon ferrugineux qui provient du mâchefer des végétaux, ou ſi l'on veut du fer brûlé autant qu'il peut l'être, paroît être le même à tous égards que celui qui ſe trouve dans la platine.

Le fer le plus parfait eſt celui qui n'a preſque point de grain, & qui eſt entièrement d'un nerf de gris-cendré; le fer à nerf noir eſt encore très-bon, & peut-être eſt-il préférable au premier pour tous les uſages où il faut chauffer plus d'une fois ce métal avant de l'employer; le fer de la troiſième qualité & qui eſt moitié nerf & moitié grain, eſt le fer par excellence pour le commerce, parce qu'on peut le chauffer deux ou trois fois ſans le dénaturer; le fer ſans nerf, mais à grain fin, ſert auſſi pour beaucoup d'uſages, mais les fers ſans nerf & à gros grains, devroient être proſcrits & font le

plus grand tort dans la ſociété, parce que malheureuſement ils y ſont cent fois plus communs que les autres. Il ne faut qu'un coup d'œil à un homme exercé pour connoître la bonne ou la mauvaiſe qualité du fer, mais les gens qui le font employer, ſoit dans leurs bâtimens, ſoit à leurs équipages, ne s'y connoiſſent ou n'y regardent pas, & payent ſouvent, comme très-bon, du fer que le fardeau fait rompre ou que la rouille détruit en peu de temps.

Autant les chaudes vives & pouſſées juſqu'au blanc, détériorent le fer, autant les chaudes douces où l'on ne le rougit que couleur de ceriſe, ſemblent l'améliorer; c'eſt par cette raiſon que les fers deſtinés à paſſer à la fenderie ou à la batterie, ne demandent pas à être fabriqués avec autant de ſoin que ceux qu'on appelle *fers marchands,* qui doivent avoir toute leur qualité. Le fer de tirerie fait une claſſe à part, il ne peut être trop pur, s'il contenoit des parties hétérogènes il deviendroit très-caſſant aux dernières filières; or il n'y a d'autre moyen de le rendre pur que de le faire bien ſuer en le chauffant

la première fois jufqu'au blanc, & le martelant avec autant de force que de précaution, & enfuite en le faifant encore chauffer à blanc afin d'achever de le dépurer fous le martinet en l'alongeant pour en faire de la verge crénelée. Mais les fers deftinés à être refendus pour en faire de la verge ordinaire, des fers aplatis, des languettes pour la tôle, tous les fers en un mot qu'on doit paffer fous les cylindres, n'exigent pas le même degré de perfection, parce qu'ils s'améliorent au four de la fenderie, où l'on n'emploie que du bois, & dans lequel tous ces fers ne prennent une chaleur que du fecond degré, d'un rouge couleur de feu, qui eft fuffifant pour les amollir, & leur permet de s'aplatir & de s'étendre fous les cylindres & de fe fendre enfuite fous les taillans. Néanmoins fi l'on veut avoir de la verge bien douce, comme celle qui eft néceffaire pour les clous à maréchal; fi l'on veut des fers aplatis qui aient beaucoup de nerf, comme doivent être ceux qu'on emploie pour les roues, & particulièrement les bandages qu'on fait d'une feule pièce, dans lefquels il faut au

moins un tiers de nerf; les fers qu'on livre à la fenderie doivent être de bonne qualité, c'eſt-à-dire, avoir au moins un tiers de nerf, car j'ai obſervé que le feu doux du four & la forte compreſſion des cylindres rendent à la vérité le grain du fer un peu plus fin, & donnent même du nerf à celui qui n'avoit que du grain très-fin, mais ils ne convertiſſent jamais en nerf le gros grain des fers communs; en ſorte qu'avec du mauvais fer à gros grains on pourra faire de la verge & des fers aplatis dont le grain ſera moins gros, mais qui ſeront toujours trop caſſans pour être employés aux uſages dont je viens de parler.

Il en eſt de même de la tôle, on ne peut pas employer de trop bonne étoffe pour la faire, & il eſt bien fâcheux qu'on faſſe tout le contraire; car preſque toutes nos tôles en France ſe font avec du fer commun; elles ſe rompent en les pliant, & ſe brûlent ou pourriſſent en peu de temps; tandis que de la tôle faite comme celle de Suède ou d'Angleterre, avec du bon fer bien nerveux, ſe tordra cent fois ſans rompre, & durera peut-être vingt

fois plus que les autres. On en fait à mes forges de toute grandeur & de toute épaiſſeur, on en emploie à Paris pour les caſſeroles & autres pièces de cuiſine qu'on étame & qu'on a raiſon de préférer aux caſſeroles de cuivre. On a fait avec cette même tôle grand nombre de poëles, de chaîneaux, de tuyaux, & j'ai depuis quatre ans l'expérience mille fois réitérée, qu'elle peut durer comme je viens de le dire, ſoit au feu, ſoit à l'air, beaucoup plus que les tôles communes, mais comme elle eſt un peu plus chère, le débit en eſt moindre, & l'on n'en demande que pour de certains uſages particuliers auxquels les autres tôles ne pourroient être employées. Lorſqu'on eſt au fait, comme j'y ſuis, du commerce des fers, on diroit qu'en France on a fait un pacte général, de ne ſe ſervir que de ce qu'il y a de plus mauvais en ce genre.

Avec du fer nerveux on pourra toujours faire d'excellente tôle, en faiſant paſſer le fer des languettes ſous les cylindres de la fenderie; ceux qui aplatiſſent ces languettes ſous le martinet, après les avoir fait chauffer au charbon, ſont dans un

très-mauvais usage; le feu de charbon poussé par les soufflets, gâte le fer de ces languettes, celui du four de la fenderie ne fait que le perfectionner: d'ailleurs il en coûte plus de moitié moins pour faire les languettes au cylindre que pour les faire au martinet; ici l'intérêt s'accorde avec la théorie de l'art: il n'y a donc que l'ignorance qui puisse entretenir cette pratique, qui néanmoins est la plus générale, car il y a peut-être sur toutes les tôles qui se fabriquent en France, plus des trois quarts dont les languettes ont été faites au martinet. Cela ne peut pas être autrement, me dira-t-on, toutes les batteries n'ont pas à côté d'elles une fenderie & des cylindres montés, je l'avoue & c'est ce dont je me plains; on a tort de permettre ces petits établissemens particuliers qui ne subsistent qu'en achetant dans les grosses forges les fers au meilleur marché, c'est-à-dire, tous les plus médiocres, pour les fabriquer ensuite en tôle & en petits fers de la plus mauvaise qualité.

Un autre objet fort important sont les fers de charrue, on ne sauroit croire

combien la mauvaiſe qualité du fer dont on les fabrique fait de tort aux laboureurs, on leur livre inhumainement des fers qui caſſent au moindre effort, & qu'ils ſont forcés de renouveler preſque auſſi ſouvent que leurs cultures; on leur fait payer bien cher du mauvais acier dont on arme la pointe de ces fers encore plus mauvais, & le tout eſt perdu pour eux au bout d'un an, & ſouvent en moins de temps; tandis qu'en employant pour ces fers de charrue, comme pour la tôle, le fer le meilleur & le plus nerveux, on pourroit les garantir pour un uſage de vingt ans, & même ſe diſpenſer d'en aciérer la pointe; car j'ai fait faire pluſieurs centaines de ces fers de charrue dont j'en ai fait eſſayer quelques-uns ſans acier, & ils ſe ſont trouvés d'une étoffe aſſez ferme pour réſiſter au labour. J'ai fait la même expérience ſur un grand nombre de pioches; c'eſt la mauvaiſe qualité de nos fers qui a établi chez les taillandiers l'uſage général de mettre de l'acier à ces inſtrumens de campagne, qui n'en auroient pas beſoin s'ils étoient de bon fer fabriqué avec des languettes paſſées ſous les cylindres.

J'avoue qu'il y a de certains uſages pour leſquels on pourroit fabriquer du fer aigre, mais encore ne faut-il pas qu'il ſoit à trop gros grain ni trop caſſant ; les clous pour les petites lattes à tuile, les broquettes & autres petits clous plient lorſqu'ils ſont faits d'un fer trop doux, mais à l'exception de ce ſeul emploi, qu'on ne remplira toujours que trop, je ne vois pas qu'on doive ſe ſervir de fer aigre. Et ſi dans une bonne manufacture on en veut faire une certaine quantité, rien n'eſt plus aiſé ; il ne faut qu'augmenter d'une meſure ou d'une meſure & demie de mine au fourneau, & mettre à part les gueuſes qui en proviendront, la fonte en ſera moins bonne & plus blanche. On les fera forger à part, en ne donnant que deux chaudes à chaque bande, & l'on aura du fer aigre qui ſe fendra plus aiſément que l'autre, & qui donnera de la verge caſſante.

Le meilleur fer, c'eſt-à-dire, celui qui a le plus de nerf, & par conſéquent le plus de ténacité peut éprouver cent & deux cents coups de maſſe ſans ſe rompre, & comme il faut néanmoins le caſſer pour tous les uſages de la fenderie & de la

batterie, & que cela demanderoit beaucoup de temps, même en s'aidant du ciſeau d'acier, il vaut mieux faire couper ſous le marteau de la forge, les barres encore chaudes à moitié de leur épaiſſeur, cela n'empêche pas le marteleur de les achever, & épargne beaucoup de temps au fendeur & au platineur. Tout le fer que j'ai fait caſſer à froid & à grands coups de maſſe, s'échauffe d'autant plus qu'il eſt plus fortement & plus ſouvent frappé: non-ſeulement il s'échauffe au point de brûler très-vivement, mais il s'aimante comme s'il eût été frotté ſur un très-bon aimant. M'étant aſſuré de la conſtance de cet effet par pluſieurs obſervations ſucceſſives, je voulus voir ſi ſans percuſſion je pourrois de même produire dans le fer la vertu magnétique; je fis prendre pour cela une verge de trois lignes de groſſeur de mon fer le plus liant, & que je connoiſſois pour être très-difficile à rompre, & l'ayant fait plier & replier, par les mains d'un homme fort, ſept ou huit fois de ſuite ſans pouvoir la rompre, je trouvai le fer très-chaud au point où on l'avoit plié, & il avoit en même temps toute la vertu

d'un barreau bien aimanté ; j'aurai occasion dans la suite de revenir à ce phénomène qui tient de très-près à la théorie du magnétisme & de l'électricité, & que je ne rapporte ici que pour démontrer que plus une matière est tenace, c'est-à-dire, plus il faut d'efforts pour la diviser, plus elle est près de produire de la chaleur & tous les autres effets qui peuvent en dépendre, & prouver en même temps que la simple pression produisant le frottement des parties intérieures, équivaut à l'effet de la plus violente percussion.

On soude tous les jours le fer avec lui-même ou sur lui-même, mais il faut la plus grande précaution pour qu'il ne se trouve pas un peu plus foible aux endroits des soudures ; car pour réunir & souder les deux bouts d'une barre, on les chauffe jusqu'au blanc le plus vif, le fer dans cet état est tout prêt à fondre, il n'y arrive pas sans perdre toute sa ténacité, & par conséquent tout son nerf ; il ne peut donc en reprendre dans toute cette partie qu'on soude, que par la percussion des marteaux dont deux ou trois ouvriers font succéder les coups le plus vîte qu'il leur est possible,

mais cette percuſſion eſt très-foible & même lente en comparaiſon de celle du marteau de la forge ou même de celle du martinet; ainſi l'endroit ſoudé, quelque bonne que ſoit l'étoffe, n'aura que peu de nerf & ſouvent point du tout ſi l'on n'a pas bien ſaiſi l'inſtant où les deux morceaux ſont également chauds, & ſi le mouvement du marteau n'a pas été aſſez prompt & aſſez fort pour les bien réunir. Auſſi quand on a des pièces importantes à ſouder, on fera bien de le faire ſous les martinets les plus prompts. La ſoudure dans les canons des armes à feu, eſt une des choſes les plus importantes; M. de Montbeillard, dans le Mémoire que j'ai cité ci-deſſus, donne de très-bonnes vues ſur cet objet, & même des expériences déciſives: je crois avec lui, que comme il faut chauffer à blanc nombre de fois la bande ou *maquette* pour ſouder le canon dans toute ſa longueur, il ne faut pas employer du fer qui ſeroit au dernier degré de ſa perfection, parce qu'il ne pourroit que ſe détériorer par ces fréquentes chaudes vives; qu'il faut au contraire choiſir le fer qui, n'étant

pas encore auſſi épuré qu'il peut l'être, gagnera plutôt de la qualité qu'il n'en perdra par ces nouvelles chaudes, mais cet article ſeul demanderoit un grand travail fait & dirigé par un homme auſſi éclairé que M. de Montbeillard, & l'objet en eſt d'une ſi grande importance pour la vie des hommes & pour la gloire de l'État, qu'il mérite la plus grande attention.

Le fer ſe décompoſe par l'humidité comme par le feu; il attire l'humide de l'air, s'en pénètre & ſe rouille, c'eſt-à-dire, ſe convertit en une eſpèce de terre ſans liaiſon, ſans cohérence; cette converſion ſe fait en aſſez peu de temps dans les fers qui ſont de mauvaiſe qualité ou mal fabriqués: ceux dont l'étoffe eſt bonne, & dont les ſurfaces ſont bien liſſes ou polies ſe défendent plus long-temps, mais tous ſont ſujets à cette eſpèce de mal, qui de la ſuperficie gagne aſſez promptement l'intérieur, & détruit avec le temps le corps entier du fer. Dans l'eau il ſe conſerve beaucoup mieux qu'à l'air, & quoiqu'on s'aperçoive de ſon altération par la couleur noire qu'il y prend

après un long séjour, il n'eſt point dénaturé, il peut être forgé, au lieu que celui qui a été expoſé à l'air pendant quelques ſiècles, & que les ouvriers appellent du *fer luné*, parce qu'ils s'imaginent que la lune le mange, ne peut ni ſe forger ni ſervir à rien ; à moins qu'on ne le revivifie comme les rouilles & les ſafrans de mars, ce qui coûte communément plus que le fer ne vaut. C'eſt en ceci que conſiſte la différence des deux décompoſitions du fer ; dans celle qui ſe fait par le feu, la plus grande partie du fer ſe brûle & s'exhale en vapeurs comme les autres matières combuſtibles, il ne reſte qu'un mâchefer qui contient, comme celui du bois, une petite quantité de matière très-attirable par l'aimant qui eſt bien du vrai fer, mais qui m'a paru d'une nature ſingulière & ſemblable comme je l'ai dit, au ſablon ferrugineux qui ſe trouve en ſi grande quantité dans la platine. La décompoſition par l'humidité ne diminue pas à beaucoup près autant que la combuſtion, la maſſe du fer, mais elle en altère toutes les parties au point de leur faire perdre leur

vertu magnétique, leur cohérence & leur couleur métallique; c'eſt de cette rouille ou terre de fer que ſont en grande partie compoſées les mines en grain, l'eau après avoir atténué ces particules de rouille & les avoir réduites en molécules ſenſibles, les charie & les dépoſe par filtration dans le ſein de la terre, où elles ſe réuniſſent en grain par une ſorte de criſtalliſation qui ſe fait comme toutes les autres, par l'attraction mutuelle des molécules analogues; & comme cette rouille de fer étoit privée de la vertu magnétique, il n'eſt pas étonnant que les mines en grain qui en proviennent, en ſoient également dépourvues. Ceci me paroît démontrer d'une manière aſſez claire, que le magnétiſme ſuppoſe l'action précédente du feu; que c'eſt une qualité particulière que le feu donne au fer, & que l'humidité de l'air lui enlève en le décompoſant.

Si l'on met dans un vaſe une grande quantité de limaille de fer pure, qui n'a pas encore pris de rouille, & ſi on la couvre d'eau, on verra en la laiſſant ſécher, que cette limaille ſe réunit par ce ſeul intermède, au point de faire une maſſe

de

de fer aſſez ſolide, pour qu'on ne puiſſe la caſſer qu'à coups de maſſe; ce n'eſt donc pas préciſément l'eau qui décompoſe le fer & qui produit la rouille, mais plutôt les ſels & les vapeurs ſulfureuſes de l'air, car on ſait que le fer ſe diſſout très-aiſément par les acides & par le ſoufre. En préſentant une verge de fer bien rouge à une bille de ſoufre, le fer coule dans l'inſtant, & en le recevant dans l'eau, on obtient des grenailles qui ne ſont plus du fer ni même de la fonte; car j'ai éprouvé qu'on ne pouvoit pas les réunir au feu pour les forger, c'eſt une matière qu'on ne peut comparer qu'à la pyrite martiale, dans laquelle le fer paroît être également décompoſé par le ſoufre; & je crois que c'eſt par cette raiſon que l'on trouve preſque par-tout à la ſurface de la terre & ſous les premiers lits de ſes couches extérieures, une aſſez grande quantité de ces pyrites, dont le grain reſſemble à celui du mauvais fer, mais qui n'en contiennent qu'une très-petite quantité, mêlée avec beaucoup d'acide vitriolique & plus ou moins de ſoufre.

CINQUIÈME MÉMOIRE.

EXPÉRIENCES sur les effets de la Chaleur obscure.

POUR reconnoître les effets de la chaleur obscure, c'est-à-dire, de la chaleur privée de lumière, de flamme & de feu libre, autant qu'il est possible, j'ai fait quelques expériences en grand, dont les résultats m'ont paru très-intéressans.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

ON a commencé sur la fin d'août 1772, à mettre des braises ardentes dans le creuset du grand fourneau qui sert à fondre la mine de fer pour la couler en gueuses, ces braises ont achevé de sécher les mortiers qui étoient faits de glaise mêlée par égale portion avec du sable vitrescible. Le fourneau avoit 23 pieds de hauteur. On a jeté par le gueulard (c'est ainsi qu'on appelle l'ouverture supérieure du fourneau) les charbons ardens que l'on

tiroit des petits fourneaux d'expériences, on a mis successivement une assez grande quantité de ces braises pour remplir le bas du fourneau jusqu'à la cuve (c'est ainsi qu'on appelle l'endroit de la plus grande capacité du fourneau), ce qui dans celui-ci montoit à 7 pieds 2 pouces de hauteur perpendiculaire depuis le fond du creuset. Par ce moyen on a commencé de donner au fourneau une chaleur modérée qui ne s'est pas fait sentir dans la partie la plus élevée.

Le 10 septembre, on a vidé toutes ces braises réduites en cendres par l'ouverture du creuset, & lorsqu'il a été bien nettoyé on y a mis quelques charbons ardens & d'autres charbons par-dessus, jusqu'à la quantité de 600 livres pesant; ensuite on a laissé prendre le feu, & le lendemain 11 septembre, on a achevé de remplir le fourneau avec 4800 livres de charbon, ainsi il contient en tout 5400 livres de charbon qui y ont été portées en cent trente-cinq corbeilles de 40 livres chacune, tare faite.

On a laissé pendant ce temps l'entrée du creuset ouverte, & celle de la tuyère bien bouchée pour empêcher le feu de

ſe communiquer aux ſoufflets. La première impreſſion de la grande chaleur, produite par le long ſéjour des braiſes ardentes & par cette première combuſtion du charbon, s'eſt marquée par une petite fente qui s'eſt faite dans la pierre du fond à l'entrée du creuſet, & par une autre fente qui s'eſt faite dans la pierre de la tympe. Le charbon néanmoins, quoique fort allumé dans le bas, ne l'étoit encore qu'à une très-petite hauteur, & le fourneau ne donnoit au gueulard qu'aſſez peu de fumée, ce même jour 12 ſeptembre à ſix heures du ſoir; car cette ouverture ſupérieure n'étoit pas bouchée, non plus que l'ouverture du creuſet.

A neuf heures du ſoir du même jour, la flamme a percé juſqu'au-deſſus du fourneau, & comme elle eſt devenue très-vive en peu de temps, on a bouché l'ouverture du creuſet à dix heures du ſoir. La flamme quoique fort ralentie par cette ſuppreſſion du courant de l'air, s'eſt ſoutenue pendant la nuit & le jour ſuivant; en ſorte que le lendemain 13 ſeptembre, vers les quatre heures du ſoir, le charbon avoit baiſſé d'un peu plus de 4 pieds,

On a rempli ce vide à cette même heure avec onze corbeilles de charbon, peſant enſemble 440 livres; ainſi le fourneau a été chargé en tout de 5840 livres de charbon.

Enſuite on a bouché l'ouverture ſupérieure du fourneau avec un large couvercle de forte tôle, garnie tout autour avec du mortier de glaiſe & ſable mêlé de poudre de charbon, & chargé d'un pied d'épaiſſeur de cette poudre de charbon mouillée; pendant que l'on bouchoit, on a remarqué que la flamme ne laiſſoit pas de retentir aſſez fortement dans l'intérieur du fourneau; mais en moins d'une minute la flamme a ceſſé de retentir, & l'on n'entendoit plus aucun bruit ni murmure, en ſorte qu'on auroit pu penſer que l'air n'ayant point d'accès dans la cavité du fourneau, le feu y étoit entièrement étouffé.

On a laiſſé le fourneau ainſi bouché par-tout, tant au-deſſus qu'au-deſſous, depuis le 13 ſeptembre juſqu'au 28 du même mois, c'eſt-à-dire, pendant quinze jours. J'ai remarqué pendant ce temps, que quoiqu'il n'y eût point de flamme

dans le fourneau, ni même de feu lumineux, la chaleur ne laiſſoit pas d'augmenter & de ſe communiquer autour de la cavité du fourneau.

Le 28 ſeptembre, à dix heures du matin, on a débouché l'ouverture ſupérieure du fourneau avec précaution, dans la crainte d'être ſuffoqué par la vapeur du charbon; j'ai remarqué avant de l'ouvrir, que la chaleur avoit gagné juſqu'à 4 pieds $\frac{1}{2}$ dans l'épaiſſeur du maſſif qui forme la tour du fourneau; cette chaleur n'étoit pas fort grande aux environs de la *bure* (c'eſt ainſi qu'on appelle la partie ſupérieure du fourneau qui s'élève au-deſſus de ſon terre-plein). Mais à meſure qu'on approchoit de la cavité, les pierres étoient déjà ſi fort échauffées, qu'il n'étoit pas poſſible de les toucher un inſtant: les mortiers dans les joints des pierres étoient en partie brûlés, & il paroiſſoit que la chaleur étoit beaucoup plus grande encore dans le bas du fourneau, car les pierres du deſſus de la tympe & de la tuyère, étoient exceſſivement chaudes dans toute leur épaiſſeur juſqu'à 4 ou 5 pieds.

Au moment qu'on a débouché le

gueulard du fourneau, il en eſt ſorti une vapeur ſuffoquante, dont il a fallu s'éloigner, & qui n'a pas laiſſé de faire mal à la tête à la plupart des aſſiſtans. Lorſque cette vapeur a été diſſipée, on a meſuré de combien le charbon enfermé & privé d'air courant pendant quinze jours, avoit diminué, & l'on a trouvé qu'il avoit baiſſé de 14 pieds 5 pouces de hauteur; en ſorte que le fourneau étoit vide dans toute ſa partie ſupérieure juſqu'auprès de la cuve.

Enſuite j'ai obſervé la ſurface de ce charbon, & j'y ai vu une petite flamme qui venoit de naître, il étoit abſolument noir & ſans flamme auparavant. En moins d'une heure cette petite flamme bleuâtre eſt devenue rouge dans le centre, & s'élevoit alors d'environ 2 pieds au-deſſus du charbon.

Une heure après avoir débouché le gueulard, j'ai fait déboucher l'entrée du creuſet: la première choſe qui s'eſt préſentée à cette ouverture n'a pas été du feu comme on auroit pu le préſumer, mais des ſcories provenans du charbon, & qui reſſembloient à du mâcheſer léger;

ce mâchefer étoit en aſſez grande quantité, & rempliſſoit tout l'intérieur du creuſet, depuis la tympe à la ruſtine; & ce qu'il y a de ſingulier, c'eſt que quoiqu'il ne ſe fût formé que par une grande chaleur, il avoit intercepté cette même chaleur au-deſſus du creuſet, en ſorte que les parties de ce mâchefer qui étoient au fond, n'étoient, pour ainſi dire, que tièdes; néanmoins elles s'étoient attachées au fond & aux parois du creuſet; & elles en avoient réduit en chaux quelques portions juſqu'à plus de trois ou quatre pouces de profondeur.

J'ai fait tirer ce mâchefer & l'ai fait mettre à part pour l'examiner; on a auſſi tiré la chaux du creuſet & des environs, qui étoit en aſſez grande quantité. Cette calcination qui s'eſt faite par ce feu ſans flamme, m'a paru provenir en partie de l'action de ces ſcories du charbon. J'ai penſé que ce feu ſourd & ſans flamme étoit trop ſec, & je crois que ſi j'avois mêlé quelque portion de laitier ou de terre vitreſcible avec le charbon, cette terre auroit ſervi d'aliment à la chaleur, & auroit rendu des matières fondantes qui

auroient préſervé de la calcination la ſurface de l'ouvrage du fourneau.

Quoi qu'il en ſoit, il réſulte de cette expérience, que la chaleur ſeule, c'eſt-à-dire, la chaleur obſcure, renfermée, & privée d'air autant qu'il eſt poſſible, produit néanmoins avec le temps des effets ſemblables à ceux du feu le plus actif & le plus lumineux. On ſait qu'il doit être violent pour calciner la pierre. Ici c'étoit de toutes les pierres calcaires la moins calcinable, c'eſt-à-dire, la plus réſiſtante au feu, que j'avois choiſie pour faire conſtruire l'ouvrage & la cheminée de mon fourneau; toute cette pierre d'ailleurs avoit été taillée & poſée avec ſoin, les plus petits quartiers avoient un pied d'épaiſſeur, un pied & demi de largeur, ſur trois & quatre pieds de longueur, & dans ce gros volume la pierre eſt encore bien plus difficile à calciner que quand elle eſt réduite en moellons. Cependant cette ſeule chaleur a non-ſeulement calciné ces pierres à près d'un demi-pied de profondeur dans la partie la plus étroite & la plus froide du fourneau, mais encore a brûlé en même temps les mortiers faits

de glaiſe & de ſable ſans les faire fondre, ce que j'aurois mieux aimé, parce qu'alors les joints de la bâtiſſe du fourneau ſe ſeroient conſervés pleins, au lieu que la chaleur ayant ſuivi la route de ces joints, a encore calciné les pierres ſur toutes les faces des joints. Mais pour faire mieux entendre les effets de cette chaleur obſcure & concentrée, je dois obſerver : 1.° Que le maſſif du fourneau étant de 28 pieds d'épaiſſeur de deux faces, & de 24 pieds d'épaiſſeur des deux autres faces, & la cavité où étoit contenu le charbon n'ayant que 6 pieds dans ſa plus grande largeur, les murs pleins qui environnent cette cavité avoient 9 pieds d'épaiſſeur de maçonnerie à chaux & ſable aux parties les moins épaiſſes ; que par conſéquent on ne peut pas ſuppoſer qu'il ait paſſé de l'air à travers ces murs de 9 pieds : 2.° Que cette cavité qui contenoit le charbon, ayant été bouchée en bas à l'endroit de la coulée avec un mortier de glaiſe mêlé de ſable d'un pied d'épaiſſeur, & à la tuyère qui n'a que quelques pouces d'ouverture, avec ce même mortier dont on ſe ſert pour tous les bouchages ;

il n'eſt pas à préſumer qu'il ait pu entrer de l'air par ces deux ouvertures : 3.° Que le gueulard du fourneau ayant de même été fermé avec une plaque de forte tôle lutée, & recouverte avec le même mortier, ſur environ ſix pouces d'épaiſſeur, & encore environnée & ſurmontée de pouſſière de charbon mêlé avec ce mortier, ſur ſix autres pouces de hauteur, tout accès à l'air par cette dernière ouverture étoit interdit. On peut donc aſſurer qu'il n'y avoit point d'air circulant dans toute cette cavité, dont la capacité étoit de 330 pieds cubes, & que l'ayant remplie de 5400 livres de charbon, le feu étouffé dans cette cavité n'a pu ſe nourrir que de la petite quantité d'air contenue dans les intervalles que laiſſoient entr'eux les morceaux de charbon; & comme cette matière jetée l'une ſur l'autre laiſſe de très-grands vides, ſuppoſons moitié ou même trois quarts, il n'y a donc eu dans cette cavité que 165, ou tout au plus 248 pieds cubes d'air. Or, le feu du fourneau excité par les ſoufflets, conſomme cette quantité d'air en moins d'une demi-minute; & cependant il ſembleroit qu'elle a ſuffi pour

entretenir pendant quinze jours la chaleur, & l'augmenter à peu-près au même point que celle du feu libre, puiſqu'elle a produit la calcination des pierres à quatre pouces de profondeur dans le bas, & à plus de deux pieds de profondeur dans le milieu & dans toute l'étendue du fourneau, ainſi que nous le dirons tout-à-l'heure. Comme cela me paroiſſoit aſſez inconcevable, j'ai d'abord penſé qu'il falloit ajouter à ces 248 pieds cubes d'air, contenus dans la cavité du fourneau, toute la vapeur de l'humidité des murs que la chaleur concentrée n'a pu manquer d'attirer, & de laquelle il n'eſt guère poſſible de faire une juſte eſtimation. Ce ſont-là les ſeuls alimens, ſoit en air, ſoit en vapeurs aqueuſes que cette très-grande chaleur a conſommés pendant quinze jours; car il ne ſe dégage que peu ou point d'air du charbon dans ſa combuſtion, quoiqu'il s'en dégage plus d'un tiers du poids total du bois de chêne bien ſéché *(a)*; cet air fixe contenu dans le bois, en eſt chaſſé par la première opération du feu qui le convertit en

---

(a) Hales, *Statique des Végétaux*, page 152.

charbon, & s'il en reſte, ce n'eſt qu'en ſi petite quantité qu'on ne peut pas la regarder comme le ſupplément de l'air qui manquoit ici à l'entretien du feu. Ainſi cette chaleur très-grande & qui s'eſt augmentée au point de calciner profondément les pierres, n'a été entretenue que par 248 pieds cubes d'air & par les vapeurs de l'humidité des murs; & quand nous ſuppoſerions le produit ſucceſſif de cette humidité cent fois plus conſidérable que le volume d'air contenu dans la cavité du fourneau, cela ne feroit toujours que 24800 pieds cubes de vapeurs propres à entretenir la combuſtion; quantité que le feu libre & animé par les ſoufflets conſommeroit en moins de 30 minutes, tandis que la chaleur ſourde ne la conſomme qu'en quinze jours.

Et ce qu'il eſt néceſſaire d'obſerver encore, c'eſt que le même feu libre & animé auroit conſumé en 11 ou 12 heures les 3600 livres de charbon que la chaleur obſcure n'a conſommé qu'en quinze jours, elle n'a donc eu que la trentième partie de l'aliment du feu libre, puiſqu'il y a eu trente fois autant de temps employé à la

consommation de la matière combustible, & en même temps il y a eu environ sept cents vingt fois moins d'air ou de vapeurs employées à cette combustion. Néanmoins les effets de cette chaleur obscure ont été les mêmes que ceux du feu libre, car il auroit fallu quinze jours de ce feu violent & animé pour calciner les pierres au même degré qu'elles l'ont été par la chaleur seule; ce qui nous démontre d'une part l'immense déperdition de la chaleur lorsqu'elle s'exhale avec les vapeurs & la flamme, & d'autre part les grands effets qu'on peut attendre de sa concentration, ou pour mieux dire, de sa coërcion, de sa détention. Car cette chaleur retenue & concentrée ayant produit les mêmes effets que le feu libre & violent, avec trente fois moins de matière combustible & sept cents vingt fois moins d'air, & étant supposée en raison composée de ces deux élémens, on doit en conclure que dans nos grands fourneaux à fondre les mines de fer, il se perd vingt-un mille fois plus de chaleur qu'il ne s'en applique, soit à la mine, soit aux parois du fourneau; en sorte qu'on imagineroit que les fourneaux de réverbère où la chaleur est plus

concentrée, devroient produire le feu le plus puiſſant. Cependant j'ai acquis la preuve du contraire, nos mines de fer ne s'étant pas même aglutinées par le feu de réverbère de la glacerie de Rouelles en Bourgogne, tandis qu'elles fondent en moins de 12 heures au feu de mes fourneaux à ſoufflets : cette différence tient au principe que j'ai donné ; le feu par ſa vîteſſe ou par ſon volume, produit des effets tous différens ſur certaines ſubſtances telles que la mine de fer ; tandis que ſur d'autres ſubſtances telle que la pierre calcaire, il peut en produire de ſemblables. La fuſion eſt en général une opération prompte qui doit avoir plus de rapport avec la vîteſſe du feu que la calcination qui eſt preſque toujours lente, & qui doit dans bien des cas avoir plus de rapport au volume du feu ou à ſon long ſéjour, qu'à ſa vîteſſe. On verra par l'expérience ſuivante, que cette même chaleur retenue & concentrée n'a fait aucun effet ſur la mine de fer.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

DANS ce même fourneau de 23 pieds

de hauteur, après avoir fondu de la mine de fer pendant environ quatre mois, je fis couler les dernières gueuses en remplissant toujours avec du charbon, mais sans mine, afin d'en tirer toute la matière fondue; & quand je me fus assuré qu'il n'en restoit plus, je fis cesser le vent, boucher exactement l'ouverture de la tuyère & celle de la coulée qu'on maçonna avec de la brique & du mortier de glaise mêlé de sable. Ensuite je fis porter sur le charbon autant de mine qu'il pouvoit en entrer dans le vide qui étoit au-dessus du fourneau : il y en entra cette première fois vingt-sept mesures de 60 livres, c'est-à-dire 1620 livres pour affleurer le niveau du gueulard, après quoi je fis boucher cette ouverture avec la même plaque de forte tôle & du mortier de glaise & sable, & encore de la poudre de charbon en grande quantité : on imagine bien quelle immense chaleur je renfermois ainsi dans le fourneau, tout le charbon en étoit allumé du haut en bas lorsque je fis cesser le vent; toutes les pierres des parois étoient rouges du feu qui les pénétroit depuis quatre mois; toute cette chaleur

ne pouvoit s'exhaler que par deux petites fentes qui s'étoient faites au mur du fourneau, & que je fis remplir de bon mortier, afin de lui ôter encore ces issues: trois jours après je fis déboucher le gueulard, & je vis, avec quelque surprise, que malgré cette chaleur immense renfermée dans le fourneau, le charbon ardent, quoique comprimé par la mine & chargé de 1620 livres, n'avoit baissé que de 16 pouces en trois jours ou 72 heures. Je fis sur le champ remplir ces 16 pouces de vide avec 25 mesures de mine, pesantes ensemble 1500 livres. Trois jours après je fis déboucher cette même ouverture du gueulard, & je trouvai le même vide de 16 pouces, & par conséquent la même diminution, ou si l'on veut, le même affaissement du charbon; je fis remplir de même avec 1500 livres de mine, ainsi il y en avoit déjà 4620 livres sur le charbon qui étoit tout embrasé lorsqu'on avoit commencé de fermer le fourneau. Six jours après je fis déboucher le gueulard pour la troisième fois, & je trouvai que pendant ces six jours le charbon n'avoit baissé que de 20 pouces, que l'on remplit

avec 1860 livres de mine; enfin neuf jours après on déboucha pour la quatrième fois, & je vis que pendant ces neuf derniers jours le charbon n'avoit baissé que de 21 pouces, que je fis remplir de 1920 livres de mine; ainsi il y en avoit en tout 8400 livres: on referma le gueulard avec les mêmes précautions, & le lendemain, c'est-à-dire vingt-deux jours après avoir bouché pour la première fois, je fis rompre la petite maçonnerie de briques qui bouchoit l'ouverture de la coulée en laissant toujours fermée celle du gueulard, afin d'éviter le courant d'air qui auroit enflammé le charbon. La première chose que l'on tira par l'ouverture de la coulée, furent des morceaux réduits en chaux dans l'ouvrage du fourneau; on y trouva aussi quelques petits morceaux de mâchefer, quelques autres d'une fonte mal digérée, & environ une livre & demie de très-bon fer qui s'étoit formé par coagulation. On tira près d'un tombereau de toutes ces matières, parmi lesquelles il y avoit aussi quelques morceaux de mine brûlée & presque réduite en mauvais laitier; cette mine brûlée ne provenoit

pas de celle que j'avois fait imposer sur les charbons après avoir fait cesser le vent, mais de celle qu'on y avoit jetée sur la fin du fondage, qui s'étoit attachée aux parois du fourneau, & qui ensuite étoit tombée dans le creuset avec les parties de pierres calcinées auxquelles elle étoit unie.

Après avoir tiré ces matières, on fit tomber le charbon; le premier qui parut étoit à peine rouge; mais dès qu'il eut de l'air, il devint très-rouge; on ne perdit pas un instant à le tirer, & on l'éteignoit en même temps en jetant de l'eau dessus. Le gueulard étant toujours bien fermé, on tira tout le charbon par l'ouverture de la coulée, & aussi toute la mine dont je l'avois fait charger. La quantité de ce charbon tiré du fourneau, montoit à cent quinze corbeilles; en sorte que pendant ces vingt-deux jours d'une chaleur si violente, il paroissoit qu'il ne s'en étoit consumé que dix-sept corbeilles, car toute la capacité du fourneau n'en contient que cent trente-cinq; & comme il y avoit 16 pouces $\frac{1}{2}$ de vide lorsqu'on le boucha, il faut déduire deux corbeilles qui auroient été nécessaires pour remplir ce vide.

Étonné de cette exceſſivement petite conſommation du charbon pendant vingt-deux jours de l'action de la plus violente chaleur qu'on eût jamais enfermée, je regardai ces charbons de plus près, & je vis que quoiqu'ils euſſent auſſi peu perdu ſur leur volume, ils avoient beaucoup perdu ſur leur maſſe, & que quoique l'eau avec laquelle on les avoit éteints leur eût rendu du poids, ils étoient encore d'environ un tiers plus légers que quand on les avoit jetés au fourneau; cependant les ayant fait tranſporter aux petites chaufferies des martinets & de la batterie, ils ſe trouvèrent encore aſſez bons pour chauffer, même à blanc, les petites barres de fer qu'on fait paſſer ſous ces marteaux.

On avoit tiré la mine en même temps que le charbon, & on l'avoit ſoigneuſement ſéparée & miſe à part; la très-violente chaleur qu'elle avoit eſſuyée pendant un ſi long temps ne l'avoit ni fondue ni brûlée, ni même aglutinée, le grain en étoit ſeulement devenu plus propre & plus luiſant; le ſable vitreſcible & les petits cailloux dont elle étoit mêlée ne s'étoient point fondus, & il me parut qu'elle n'avoit

perdu que l'humidité qu'elle contenoit auparavant, car elle n'avoit guère diminué que d'un cinquième en poids & d'environ un vingtième en volume, & cette dernière quantité s'étoit perdue dans les charbons.

Il résulte de cette expérience: 1.° Que la plus violente chaleur & la plus concentrée pendant un très-long temps, ne peut, sans le secours & le renouvellement de l'air, fondre la mine de fer, ni même le sable vitrescible, tandis qu'une chaleur de même espèce & beaucoup moindre peut calciner toutes les matières calcaires: 2.° Que le charbon pénétré de chaleur ou de feu, commence à diminuer de masse long-temps avant de diminuer de volume, & que ce qu'il perd le premier, sont les parties les plus combustibles qu'il contient. Car en comparant cette seconde expérience avec la première, comment se pourroit-il que la même quantité de charbon se consomme plus vîte avec une chaleur très-médiocre, qu'à une chaleur de la dernière violence, toutes deux également privées d'air, également retenues & concentrées dans le même vaisseau clos! Dans la première expérience, le charbon

qui, dans une cavité presque froide, n'avoit éprouvé que la légère impression d'un feu qu'on avoit étouffé au moment que la flamme s'étoit montrée, avoit néanmoins diminué des deux tiers en quinze jours; tandis que le même charbon enflammé autant qu'il pouvoit l'être par le vent des soufflets, & recevant encore la chaleur immense des pierres rouges de feu dont il étoit environné, n'a pas diminué d'un sixième pendant vingt-deux jours. Cela seroit inexplicable si l'on ne faisoit pas attention que, dans le premier cas, le charbon avoit toute sa densité, & contenoit toutes ses parties combustibles; au lieu que dans le second cas où il étoit dans l'état de la plus forte incandescence, toutes ses parties les plus combustibles étoient déjà brûlées. Dans la première expérience, la chaleur, d'abord très-médiocre, alloit toujours en augmentant à mesure que la combustion augmentoit & se communiquoit de plus en plus à la masse entière du charbon. Dans la seconde expérience, la chaleur excessive alloit en diminuant à mesure que le charbon achevoit de brûler, & il ne pouvoit plus

donner autant de chaleur, parce que sa combustion étoit fort avancée au moment qu'on l'avoit enfermé. C'est-là la vraie cause de cette différence d'effets. Le charbon dans la première expérience, contenant toutes ses parties combustibles, brûloit mieux & se consumoit plus vîte que celui de la seconde expérience, qui ne contenoit presque plus de matière combustible, & ne pouvoit augmenter son feu ni même l'entretenir au même degré que par l'emprunt de celui des murs du fourneau ; c'est par cette seule raison que la combustion alloit toujours en diminuant, & qu'au total elle a été beaucoup moindre & plus lente que l'autre qui alloit toujours en augmentant & qui s'est faite en moins de temps. Lorsque tout accès est fermé à l'air, & que les matières renfermées n'en contiennent que peu ou point dans leur substance, elles ne se consumeront pas, quelque violente que soit la chaleur ; mais s'il reste une certaine quantité d'air entre les interstices de la matière combustible, elle se consumera d'autant plus vîte & d'autant plus qu'elle pourra fournir elle-même une plus grande quantité

d'air: 3.° Il résulte encore de ces expériences, que la chaleur la plus violente, dès qu'elle n'est pas nourrie, produit moins d'effet que la plus petite chaleur qui trouve de l'aliment; la première est pour ainsi dire une chaleur morte qui ne se fait sentir que par sa déperdition; l'autre est un feu vivant qui s'accroît à proportion des alimens qu'il consume. Pour reconnoître ce que cette chaleur morte, c'est-à-dire cette chaleur dénuée de tout aliment pouvoit produire, j'ai fait l'expérience suivante.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

APRÈS avoir tiré du fourneau, par l'ouverture de la coulée, tout le charbon qui y étoit contenu, & l'avoir entièrement vidé de mine & de toute autre matière, je fis maçonner de nouveau cette ouverture & boucher avec le plus grand soin celle du gueulard en haut, toutes les pierres des parois du fourneau étant encore excessivement chaudes; l'air ne pouvoit donc entrer dans le fourneau pour le rafraîchir, & la chaleur ne pouvoit en sortir qu'à travers des murs de plus

de 9 pieds d'épaiſſeur; d'ailleurs il n'y avoit dans ſa cavité, qui étoit abſolument vide, aucune matière combuſtible, ni même aucune autre matière. Obſervant donc ce qui arriveroit, je m'aperçus que tout l'effet de la chaleur ſe portoit en haut, & que quoique cette chaleur ne fût pas du feu vivant ou nourri par aucune matière combuſtible, elle fit rougir en peu de temps la forte plaque de tôle qui couvroit le gueulard; que cette incandeſcence donnée par la chaleur obſcure à cette large pièce de fer ſe communiqua par le contact à toute la maſſe de poudre de charbon qui recouvroit les mortiers de cette plaque & enflamma du bois que je fis mettre deſſus. Ainſi la ſeule évaporation de cette chaleur obſcure & morte, qui ne pouvoit ſortir que des pierres du fourneau, produiſit ici le même effet que le feu vif & nourri. Cette chaleur tendant toujours en haut & ſe réuniſſant toute à l'ouverture du gueulard au-deſſous de la plaque de fer, la rendit rouge, lumineuſe & capable d'enflammer des matières combuſtibles. D'où l'on doit conclure qu'en augmentant la maſſe de la chaleur obſcure,

on peut produire de la lumière de la même manière qu'en augmentant la masse de la lumière on produit de la chaleur ; que dès-lors ces deux substances sont réciproquement convertibles de l'une en l'autre, & toutes deux nécessaires à l'élément du feu.

Lorsqu'on enleva cette plaque de fer qui couvroit l'ouverture supérieure du fourneau, & que la chaleur avoit fait rougir, il en sortit une vapeur légère & qui parut enflammée, mais qui se dissipa dans un instant : j'observai alors les pierres des parois du fourneau, elles me parurent calcinées en très-grande partie & très-profondément ; & en effet ayant laissé refroidir le fourneau pendant dix jours, elles se sont trouvées calcinées jusqu'à deux pieds, & même deux pieds & demi de profondeur, ce qui ne pouvoit provenir que de la chaleur que j'y avois renfermée pour faire mes expériences : attendu que dans les autres fondages le feu animé par les soufflets n'avoit jamais calciné les mêmes pierres à plus de huit pouces d'épaisseur dans les endroits où il est le plus vif, & seulement à deux ou

trois pouces dans tout le reſte, au lieu que toutes les pierres, depuis le creuſet juſqu'au terre-plein du fourneau, ce qui fait une hauteur de vingt pieds, étoient généralement réduites en chaux d'un pied & demi, de deux pieds, & même de deux pieds & demi d'épaiſſeur : comme cette chaleur renfermée n'avoit pu trouver d'iſſue, elle avoit pénétré les pierres bien plus profondément que la chaleur courante.

On pourroit tirer de cette expérience les moyens de cuire la pierre & de faire de la chaux à moindres frais, c'eſt-à-dire, de diminuer de beaucoup la quantité de bois en ſe ſervant d'un fourneau bien fermé au lieu de fourneaux ouverts; il ne faudroit qu'une petite quantité de charbon pour convertir en chaux, dans moins de quinze jours, toutes les pierres contenues dans le fourneau, & les murs même du fourneau à plus d'un pied d'épaiſſeur, s'il étoit bien exactement fermé.

Dès que le fourneau fut aſſez refroidi pour permettre aux ouvriers d'y travailler, on fut obligé d'en démolir tout l'intérieur

du haut en bas, ſur une épaiſſeur circulaire de quatre pieds, on en tira 54 muids de chaux, ſur laquelle je fis les obſervations ſuivantes : 1.° toute cette pierre, dont la calcination s'étoit faite à feu lent & concentré, n'étoit pas devenue auſſi légère que la pierre calcinée à la manière ordinaire ; celle-ci, comme je l'ai dit, perd à très-peu près la moitié de ſon poids, & celle de mon fourneau n'en avoit perdu qu'environ trois huitièmes ; 2.° elle ne ſaiſit pas l'eau avec la même avidité que la chaux vive ordinaire ; lorſqu'on l'y plonge, elle ne donne d'abord aucun ſigne de chaleur ni d'ébullition, mais peu après elle ſe gonfle, ſe diviſe & s'élève, en ſorte qu'on n'a pas beſoin de la remuer comme on remue la chaux vive ordinaire pour l'éteindre ; 3.° cette chaux a une ſaveur beaucoup plus âcre que la chaux commune, elle contient par conſéquent beaucoup plus d'alkali fixe ; 4.° elle eſt infiniment meilleure, plus liante & plus forte que l'autre chaux, & tous les ouvriers n'en emploient qu'environ les deux tiers de l'autre, & aſſurent que le mortier eſt encore excellent ; 5.° cette

chaux ne s'éteint à l'air qu'après un temps très-long, tandis qu'il ne faut qu'un jour ou deux pour réduire la chaux vive commune en poudre à l'air libre, celle-ci résiste à l'impression de l'air pendant un mois ou cinq semaines; 6.° au lieu de se réduire en farine ou en poussière sèche comme la chaux commune, elle conserve son volume, & lorsqu'on la divise en l'écrasant, toute la masse paroît ductile & pénétrée d'une humidité grasse & liante, qui ne peut provenir que de l'humide de l'air que la pierre a puissamment attiré & absorbé pendant les cinq semaines de temps employées à son extinction: Au reste, la chaux que l'on tire communément des fourneaux de forge a toutes ces mêmes propriétés; ainsi la chaleur obscure & lente produit encore ici les mêmes effets que le feu le plus vif & le plus violent.

Il sortit de cette démolition de l'intérieur du fourneau, 232 quartiers de pierres de taille, tous calcinés plus ou moins profondément; ces quartiers avoient communément quatre pieds de longueur, la plupart étoient en chaux jusqu'à dix-huit pouces,

& les autres à deux pieds, & même deux pieds & demi, & cette portion calcinée se séparoit aisément du reste de la pierre qui étoit saine & même plus dure que quand on l'avoit posée pour bâtir le fourneau. Cette observation m'engagea à faire les expériences suivantes.

Quatrième expérience.

Je fis peser dans l'air & dans l'eau trois morceaux de ces pierres qui, comme l'on voit, avoient subi la plus grande chaleur qu'elles pussent éprouver sans se réduire en chaux, & j'en comparai la pesanteur spécifique avec celles de trois autres morceaux à peu-près du même volume, que j'avois fait prendre dans d'autres quartiers de cette même pierre qui n'avoient point été employés à la construction du fourneau, ni par conséquent chauffés, mais qui avoient été tirés de la même carrière neuf mois auparavant, & qui étoient restés à l'exposition du soleil & de l'air. Je trouvai que la pesanteur spécifique des pierres échauffées à ce grand feu pendant cinq mois avoit augmenté, qu'elle étoit constamment plus grande

que celle de la même pierre non échauffée, d'un 81.e ſur le premier morceau, d'un 90.e ſur le ſecond, & d'un 85.e ſur le troiſième; donc la pierre chauffée au degré voiſin de celui de ſa calcination gagne au moins un 86.e de maſſe, au lieu qu'elle en perd trois huitièmes par la calcination qui ne ſuppoſe qu'un degré de chaleur de plus. Cette différence ne peut venir que de ce qu'à un certain degré de violente chaleur ou de feu, tout l'air & toute l'eau transformés en matière fixe dans la pierre, reprennent leur première nature, leur élaſticité, leur volatilité, & que dès-lors ils ſe dégagent de la pierre & s'élèvent en vapeurs, que le feu enlève & entraîne avec lui. Nouvelle preuve que la pierre calcaire eſt en très-grande partie compoſée d'air fixe & d'eau fixe ſaiſis & transformés en matière ſolide par le filtre animal.

Après ces expériences j'en fis d'autres ſur cette même pierre échauffée à un moindre degré de chaleur, mais pendant un temps auſſi long; je fis détacher pour cela trois morceaux des parois extérieures de la lunette de la tuyère, dans un endroit

où la chaleur étoit à peu-près de 95 degrés, parce que le soufre appliqué contre la muraille s'y ramollissoit & commençoit à fondre, & que ce degré de chaleur est à très-peu près celui auquel le soufre entre en fusion. Je trouvai par trois épreuves semblables aux précédentes, que cette même pierre chauffée à ce degré pendant cinq mois, avoit augmenté en pesanteur spécifique d'un 65e, c'est-à-dire, de presque un quart de plus que celle qui avoit éprouvé le degré de chaleur voisin de celui de la calcination, & je conclus de cette différence que l'effet de la calcination commençoit à se préparer dans la pierre qui avoit subi le plus grand feu, au lieu que celle qui n'avoit éprouvé qu'une moindre chaleur, avoit conservé toutes les parties fixes qu'elle y avoit déposées.

Pour me satisfaire pleinement sur ce sujet, & reconnoître si toutes les pierres calcaires augmentent en pesanteur spécifique par une chaleur constamment & long-temps appliquée, je fis six nouvelles épreuves sur deux autres espèces de pierres. Celle dont étoit construit l'intérieur de

mon fourneau, & qui a ſervi aux expériences précédentes, s'appelle dans le pays *pierre à feu*, parce qu'elle réſiſte plus à l'action du feu que toutes les autres pierres calcaires. Sa ſubſtance eſt compoſée de petits graviers calcaires liés enſemble par un ciment pierreux qui n'eſt pas fort dur, & qui laiſſe quelques interſtices vides; ſa peſanteur eſt néanmoins plus grande que celle des autres pierres calcaires d'environ un 20.e En ayant éprouvé pluſieurs morceaux au feu de mes chaufferies, il a fallu pour les calciner plus du double du temps de celui qu'il falloit pour réduire en chaux les autres pierres; on peut donc être aſſuré que les expériences précédentes ont été faites ſur la pierre calcaire la plus réſiſtante au feu. Les pierres auxquelles je vais la comparer, étoient auſſi de très-bonnes pierres calcaires dont on fait la plus belle taille pour les bâtimens, l'une a le grain fin & preſque auſſi ſerré que celui du marbre; l'autre a le grain un peu plus gros, mais toutes deux ſont compactes & pleines, toutes deux font de l'excellente chaux griſe, plus liante & plus forte que la chaux commune qui eſt plus blanche.

En pesant dans l'air & dans l'eau trois morceaux chauffés & trois autres non chauffés de cette première pierre dont le grain étoit le plus fin, j'ai trouvé qu'elle avoit gagné un 56.e en pesanteur spécifique, par l'application constante pendant cinq mois, d'une chaleur d'environ 90 degrés, ce que j'ai reconnu, parce qu'elle étoit voisine de celle dont j'avois fait casser les morceaux dans la voûte extérieure du fourneau, & que le soufre ne fondoit plus contre ses parois; en ayant donc fait enlever trois morceaux encore chauds pour les peser, & comparer avec d'autres morceaux de la même pierre qui étoient restés exposés à l'air libre, j'ai vu que l'un des morceaux avoit augmenté d'un 60e; le second d'un 62e; le troisième d'un 56e. Ainsi cette pierre à grain très-fin a augmenté en pesanteur spécifique de près d'un tiers de plus que la pierre à feu chauffée au degré voisin de celui de la calcination, & aussi d'environ un 7.e de plus que cette même pierre à feu chauffée à 95 degrés, c'est-à-dire, à une chaleur à peu-près égale.

La seconde pierre, dont le grain étoit

moins fin, formoit une assise entière de la voûte extérieure du fourneau, & je fus maître de choisir les morceaux dont j'avois besoin pour l'expérience, dans un quartier qui avoit subi pendant le même temps de cinq mois le même degré 95 de chaleur que la pierre à feu; en ayant donc fait casser trois morceaux, & m'étant muni de trois autres qui n'avoient pas été chauffés, je trouvai que l'un de ces morceaux chauffés avoit augmenté d'un 54e; le second d'un 63e; & le troisième d'un 66e; ce qui donne pour la mesure moyenne un 61.e d'augmentation en pesanteur spécifique.

Il résulte de ces expériences, 1.° que toute pierre calcaire chauffée pendant long-temps, acquiert de la masse & devient plus pesante; cette augmentation ne peut venir que des particules de chaleur qui la pénètrent & s'y unissent par leur longue résidence, & qui dès-lors en deviennent partie constituante sous une forme fixe: 2.° que cette augmentation de pesanteur spécifique étant d'un 61.e ou d'un 56.e ou d'un 65.e ne se trouve varier ici que par la nature des différentes

pierres; que celles dont le grain eſt le plus fin, ſont celles dont la chaleur augmente le plus la maſſe, & dans leſquelles les pores étant plus petits, elle ſe fixe plus aiſément & en plus grande quantité: 3.° que la quantité de chaleur qui ſe fixe dans la pierre eſt encore bien plus grande que ne le déſigne ici l'augmentation de la maſſe; car la chaleur avant de ſe fixer dans la pierre, a commencé par en chaſſer toutes les parties humides qu'elle contenoit, on ſait qu'en diſtillant la pierre calcaire dans une cornue bien fermée, on tire de l'eau pure juſqu'à concurrence d'un ſeizième de ſon poids: mais comme une chaleur de 95 degrés, quoiqu'appliquée pendant cinq mois, pourroit néanmoins produire à cet égard de moindres effets que le feu violent qu'on applique au vaiſſeau dans lequel on diſtille la pierre, réduiſons de moitié & même des trois quarts cette quantité d'eau enlevée à la pierre par la chaleur de 95 degrés, on ne pourra pas diſconvenir que la quantité de chaleur qui s'eſt fixée dans cette pierre, ne ſoit d'abord d'un 60.e indiqué par l'augmentation de la

peſanteur ſpécifique, & encore d'un 64.e pour le quart de la quantité d'eau qu'elle contenoit, & que cette chaleur aura fait ſortir; en ſorte qu'on peut aſſurer, ſans craindre de ſe tromper, que la chaleur qui pénètre dans la pierre lui étant appliquée pendant long-temps, s'y fixe en aſſez grande quantité pour en augmenter la maſſe tout au moins d'un trentième, même dans la ſuppoſition qu'elle n'ait chaſſé pendant ce long temps que le quart de l'eau que la pierre contenoit.

Cinquième expérience.

TOUTES les pierres calcaires dont la peſanteur ſpécifique augmente par la longue application de la chaleur, acquièrent par cette eſpèce de deſſèchement plus de dureté qu'elles n'en avoient auparavant. Voulant reconnoître ſi cette dureté ſeroit durable, & ſi elles ne perdroient pas avec le temps, non-ſeulement cette qualité, mais celle de l'augmentation de denſité qu'elles avoient acquiſe par la chaleur; je fis expoſer aux injures de l'air pluſieurs parties de trois eſpèces de pierres qui avoient ſervi aux expériences précédentes,

& qui toutes avoient été plus ou moins chauffées pendant cinq mois. Au bout de quinze jours, pendant lesquels il y avoit eu des pluies, je les fis sonder & frapper au marteau par le même ouvrier qui les avoit trouvées très-dures quinze jours auparavant; il reconnut avec moi que la pierre à feu qui étoit la plus poreuse, & dont le grain étoit le plus gros, n'étoit déjà plus aussi dure & qu'elle se laissoit travailler plus aisément. Mais les deux autres espèces, & sur-tout celle dont le grain étoit le plus fin, avoient conservé la même dureté, néanmoins elles la perdirent en moins de six semaines. Et les ayant fait alors éprouver à la balance hydrostatique, je reconnus qu'elles avoient aussi perdu une assez grande quantité de la matière fixe que la chaleur y avoit déposée. Néanmoins au bout de plusieurs mois elles étoient toujours spécifiquement plus pesantes d'un 150.e ou d'un 160.e que celles qui n'avoient point été chauffées. La différence devenant alors trop difficile à saisir entre ces morceaux & ceux qui n'avoient pas été chauffés, & qui tous étoient également exposés à l'air, je fus

forcé de borner là cette expérience, mais je ſuis perſuadé qu'avec beaucoup de temps ces pierres auroient perdu toute leur peſanteur acquiſe. Il en eſt de même de la dureté, après quelques mois d'expoſition à l'air, les ouvriers les ont traitées tout auſſi aiſément que les autres pierres de même eſpèce qui n'avoient point été chauffées.

Il réſulte de cette expérience, que les particules de chaleur qui ſe fixent dans la pierre, n'y ſont, comme je l'ai dit, unies que par force; que quoiqu'elle les conſerve après ſon entier refroidiſſement & pendant aſſez long-temps, ſi on la préſerve de toute humidité; elle les perd néanmoins peu-à-peu par les impreſſions de l'air & de la pluie, ſans doute parce que l'air & l'eau ont plus d'affinité avec la pierre que les parties de la chaleur qui s'y étoient logées. Cette chaleur fixe n'eſt plus active, elle eſt pour ainſi dire morte, & entièrement paſſive; dès-lors bien loin de pouvoir chaſſer l'humidité, celle-ci la chaſſe à ſon tour & reprend toutes les places qu'elle lui avoit cédées. Mais dans d'autres matières qui n'ont pas avec

l'eau autant d'affinité que la pierre calcaire, cette chaleur une fois fixée n'y demeure-t-elle pas constamment & à toujours? c'est ce que j'ai cherché à constater par l'expérience suivante.

SIXIÈME EXPÉRIENCE.

J'AI pris plusieurs morceaux de fonte de fer, que j'ai fait casser dans les gueuses qui avoient servi plusieurs fois à soutenir les parois de la cheminée de mon fourneau, & qui par conséquent avoient été chauffées trois fois pendant quatre ou cinq mois de suite au degré de chaleur qui calcine la pierre, car ces gueuses avoient soutenu les pierres ou les briques de l'intérieur du fourneau, & n'étoient défendues de l'action immédiate du feu que par une pierre épaisse de trois ou quatre pouces qui formoit le dernier rang des étalages du fourneau; ces dernières pierres, ainsi que toutes les autres dont les étalages étoient construits, s'étoient réduites en chaux à chaque fondage, & la calcination avoit toujours pénétré de près de huit pouces dans celles qui étoient exposées à la plus violente

action du feu ; ainsi les gueuses qui n'étoient recouvertes que de quatre pouces par ces pierres, avoient certainement subi le même degré de feu que celui qui produit la parfaite calcination de la pierre, & l'avoient, comme je l'ai dit, subi trois fois pendant quatre ou cinq mois de suite. Les morceaux de cette fonte de fer, que je fis casser ne se séparèrent du reste de la gueuse qu'à coups de masse très-réitérés, au lieu que des gueuses de cette même fonte, mais qui n'avoient pas subi l'action du feu, étoient très-cassantes & se séparoient en morceaux aux premiers coups de masse ; je reconnus dès-lors que cette fonte chauffée à un aussi grand feu & pendant si long-temps, avoit acquis beaucoup plus de dureté & de ténacité qu'elle n'en avoit auparavant, beaucoup plus même à proportion que n'en avoient acquis les pierres calcaires. Par ce premier indice je jugeai que je trouverois une différence encore plus grande dans la pesanteur spécifique de cette fonte si long-temps échauffée. Et en effet, le premier morceau que j'éprouvai à la balance hydrostatique, pesoit dans l'air 4 livres

4 onces 3 gros, ou 547 gros; le même morceau peſoit dans l'eau 3 livres 11 onces 2 gros $\frac{1}{2}$, c'eſt-à-dire, 474 gros $\frac{1}{2}$, la différence eſt de 72 gros $\frac{1}{2}$; l'eau dont je me ſervois pour mes expériences peſoit exactement 70 livres le pied cube, & le volume d'eau déplacé par celui du morceau de cette fonte, peſoit 72 gros $\frac{1}{2}$: ainſi 72 gros $\frac{1}{2}$, poids du volume de l'eau déplacée par le morceau de fonte, ſont à 70 livres poids du pied cube de l'eau, comme 547 gros poids du morceau de fonte, ſont à 528 livres 2 onces 1 gros 47 grains poids du pied cube de cette fonte: & ce poids excède beaucoup celui de cette même fonte lorſqu'elle n'a pas été chauffée, c'eſt une fonte blanche qui communément eſt très-caſſante, & dont le poids n'eſt que de 495 ou 500 livres tout au plus; ainſi la peſanteur ſpécifique ſe trouve augmentée de 28 ſur 500 par cette très-longue application de la chaleur, ce qui fait environ un dix-huitième de la maſſe; je me ſuis aſſuré de cette grande différence par cinq épreuves ſucceſſives pour leſquelles j'ai eu attention de prendre toujours

des morceaux pesans chacun quatre livres au moins, & comparés un à un avec des morceaux de même figure & d'un volume à peu-près égal: car quoiqu'il paroisse qu'ici la différence du volume, quelque grande qu'elle soit, ne devroit rien faire, & ne peut influer sur le résultat de l'opération de la balance hydrostatique; cependant ceux qui sont exercés à la manier se seront aperçus, comme moi, que les résultats sont toujours plus justes lorsque les volumes des matières qu'on compare ne sont pas bien plus grands l'un que l'autre. L'eau, quelque fluide qu'elle nous paroisse, a néanmoins un certain petit degré de ténacité qui influe plus ou moins sur des volumes plus ou moins grands. D'ailleurs il y a très-peu de matières qui soient parfaitement homogènes ou égales en pesanteur dans toutes les parties extérieures du volume qu'on soumet à l'épreuve; ainsi pour obtenir un résultat sur lequel on puisse compter précisément, il faut toujours comparer des morceaux d'un volume approchant, & d'une figure qui ne soit pas bien différente; car si d'une part on pesoit un

globe de fer de deux livres, & d'autre part une feuille de tôle du même poids, on trouveroit à la balance hydroſtatique leur peſanteur ſpécifique différente, quoiqu'elle fût réellement la même.

Je crois que quiconque réfléchira ſur les expériences précédentes & ſur leurs réſultats, ne pourra diſconvenir que la chaleur très-long-temps appliquée aux différens corps qu'elle pénètre, ne dépoſe dans leur intérieur une très-grande quantité de particules qui deviennent parties conſtituantes de leur maſſe, & qui s'y uniſſent & y adhèrent d'autant plus que les matières ſe trouvent avoir avec elles plus d'affinité & d'autres rapports de nature. Auſſi me trouvant muni de ces expériences, je n'ai pas craint d'avancer dans mon Traité des Élémens, que les molécules de la chaleur ſe fixoient dans tous les corps, comme s'y fixent celles de la lumière & celles de l'air, dès qu'il eſt accompagné de chaleur ou de feu.

SIXIÈME MÉMOIRE.

EXPÉRIENCES ſur la Lumière, & ſur la Chaleur qu'elle peut produire.

ARTICLE PREMIER.

INVENTION de Miroirs pour brûler à de grandes diſtances.

L'HISTOIRE des miroirs ardens d'Archimède, eſt fameuſe; il les inventa pour la défenſe de ſa patrie, & il lança, diſent les Anciens, le feu du Soleil ſur la flotte ennemie qu'il réduiſit en cendres lorſqu'elle approcha des remparts de Syracuſe; mais cette hiſtoire dont on n'a pas douté pendant quinze ou ſeize ſiècles, a d'abord été contredite, & enſuite traitée de fable dans ces derniers temps. Deſcartes né pour juger, & même pour ſurpaſſer Archimède, a prononcé contre lui d'un ton de maître; il a nié la poſſibilité de

l'invention, & son opinion a prévalu sur les témoignages & sur la croyance de toute l'antiquité : les Physiciens modernes, soit par respect pour leur Philosophe, soit par complaisance pour leurs contemporains, ont été de même avis. On n'accorde guère aux Anciens que ce qu'on ne peut leur ôter ; déterminés peut-être par ces motifs, dont l'amour propre ne se sert que trop souvent sans qu'on s'en aperçoive, n'avons-nous pas naturellement trop de penchant à refuser ce que nous devons à ceux qui nous ont précédés ! & si notre siècle refuse plus qu'un autre, ne seroit-ce pas qu'étant plus éclairé il croit avoir plus de droit à la gloire, plus de prétentions à la supériorité !

Quoi qu'il en soit, cette invention étoit dans le cas de plusieurs autres découvertes de l'antiquité qui se sont évanouies, parce qu'on a préféré la facilité de les nier à la difficulté de les retrouver ; & les miroirs ardens d'Archimède étoient si décriés, qu'il ne paroissoit pas possible d'en rétablir la réputation, car, pour appeler du jugement de Descartes, il falloit quelque chose de plus fort que des raisons, & il ne

reſtoit qu'un moyen ſûr & déciſif, à la vérité, mais difficile & hardi, c'étoit d'entreprendre de trouver les miroirs, c'eſt-à-dire, d'en faire qui puſſent produire les mêmes effets; j'en avois conçu depuis long-temps l'idée, & j'avouerai volontiers que le plus difficile de la choſe étoit de la voir poſſible, puiſque dans l'exécution j'ai réuſſi au-delà même de mes eſpérances.

J'ai donc cherché le moyen de faire des miroirs pour brûler à de grandes diſtances, comme de 100, de 200 & 300 pieds; je ſavois en général qu'avec les miroirs par réflexion, l'on n'avoit jamais brûlé qu'à 15 ou 20 pieds tout au plus, & qu'avec ceux qui ſont réfringens, la diſtance étoit encore plus courte, & je ſentois bien qu'il étoit impoſſible dans la pratique de travailler un miroir de métal ou de verre avec aſſez d'exactitude pour brûler à ces grandes diſtances; que pour brûler, par exemple, à 200 pieds, la ſphère ayant dans ce cas 800 pieds de diamètre, on ne pouvoit rien eſpérer de la méthode ordinaire de travailler les verres, & je me perſuadai bientôt

que quand même on pourroit en trouver une nouvelle pour donner à de grandes pièces de verre ou de métal, une courbure aussi légère, il n'en résulteroit encore qu'un avantage très-peu considérable, comme je le dirai dans la suite.

Mais pour aller par ordre, je cherchai d'abord combien la lumière du Soleil perdoit par la réflexion à différentes distances, & quelles sont les matières qui la réfléchissent le plus fortement. Je trouvai premièrement que les glaces étamées, lorsqu'elles sont polies avec un peu de soin, réfléchissent plus puissamment la lumière que les métaux les mieux polis, & même mieux que le métal composé dont on se sert pour faire des miroirs de télescopes; & que quoiqu'il y ait dans les glaces deux réflexions, l'une à la surface & l'autre à l'intérieur, elles ne laissent pas de donner une lumière plus vive & plus nette que le métal, qui produit une lumière colorée.

En second lieu, en recevant la lumière du Soleil dans un endroit obscur, & en la comparant avec cette même lumière du Soleil réfléchie par une glace, je trouvai

trouvai qu'à de petites diſtances, comme de quatre ou cinq pieds, elle ne perdoit qu'environ moitié par la réflexion, ce que je jugeai en faiſant tomber ſur la première lumière réfléchie, une ſeconde lumière auſſi réfléchie : car la vivacité de ces deux lumières réfléchies me parut égale à celle de la lumière directe.

Troiſièmement; ayant reçu à de grandes diſtances, comme à 100, 200 & 300 pieds, cette même lumière réfléchie par de grandes glaces, je reconnus qu'elle ne perdoit preſque rien de ſa force, par l'épaiſſeur de l'air qu'elle avoit à traverſer.

Enſuite je voulus eſſayer les mêmes choſes ſur la lumière des bougies; & pour m'aſſurer plus exactement de la quantité d'affoibliſſement que la réflexion cauſe à cette lumière, je fis l'expérience ſuivante.

Je me mis vis-à-vis une glace de miroir avec un livre à la main, dans une chambre où l'obſcurité de la nuit étoit entière, & où je ne pouvois diſtinguer aucun objet: je fis allumer, dans une chambre voiſine, à 40 pieds de diſtance environ, une ſeule bougie, & je la fis

approcher peu à peu, jufqu'à ce que je puffe diftinguer les caractères & lire le livre que j'avois à la main; la diftance fe trouva de 24 pieds du livre à la bougie: enfuite ayant retourné le livre du côté du miroir, je cherchai à lire par cette même lumière réfléchie, & je fis intercepter par un paravent la partie de la lumière directe qui ne tomboit pas fur le miroir, afin de n'avoir fur mon livre que la lumière réfléchie. Il fallut approcher la bougie, ce qu'on fit peu à peu, jufqu'à ce que je puffe lire les mêmes caractères éclairés par la lumière réfléchie; & alors la diftance du livre à la bougie, y compris celle du livre au miroir, qui n'étoit que d'un demi-pied, fe trouva être en tout de quinze pieds: je répétai cela plufieurs fois, & j'eus toujours les mêmes réfultats, à très-peu près; d'où je conclus que la force ou la quantité de la lumière directe eft à celle de la lumière réfléchie, comme 576 à 225; ainfi l'effet de la lumière de cinq bougies reçues par une glace plane, eft à peu-près égal à celui de la lumière directe de deux bougies.

La lumière des bougies perd donc plus

par la réflexion que la lumière du Soleil; & cette différence vient de ce que les rayons de lumière qui partent de la bougie comme d'un centre, tombent plus obliquement ſur le miroir que les rayons du Soleil qui viennent preſque parallèlement. Cette expérience confirma donc ce que j'avois trouvé d'abord, & je tins pour ſûr que la lumière du Soleil ne perd qu'environ moitié par ſa réflexion ſur une glace de miroir.

Ces premières connoiſſances dont j'avois beſoin étant acquiſes, je cherchai enſuite ce que deviennent en effet les images du Soleil lorſqu'on les reçoit à de grandes diſtances. Pour bien entendre ce que je vais dire, il ne faut pas, comme on le fait ordinairement, conſidérer les rayons du Soleil comme parallèles; & il faut ſe ſouvenir que le corps du Soleil occupe à nos yeux une étendue d'environ 32 minutes; que par conſéquent les rayons qui partent du bord ſupérieur du diſque, venant à tomber ſur un point d'une ſurface réfléchiſſante, les rayons qui partent du bord inférieur, venant à tomber auſſi ſur le même point de cette ſurface, ils

forment entr'eux un angle de 32 minutes dans l'incidence & ensuite dans la réflexion, & que par conséquent l'image doit augmenter de grandeur à mesure qu'elle s'éloigne : il faut de plus faire attention à la figure de ces images ; par exemple, une glace plane quarrée d'un demi-pied, exposée aux rayons du Soleil, formera une image quarrée de six pouces, lorsqu'on recevra cette image à une petite distance de la glace, comme de quelques pieds ; en s'éloignant peu à peu on voit l'image augmenter, ensuite se déformer, enfin s'arrondir & demeurer ronde toujours en s'agrandissant, à mesure qu'elle s'éloigne du miroir : cette image est composée d'autant de disques du Soleil qu'il y a de points physiques dans la surface réfléchissante ; le point du milieu forme une image du disque, les points voisins en forment de semblables & de même grandeur qui excèdent un peu le disque du milieu ; il en est de même de tous les autres points, & l'image est composée d'une infinité de disques, qui se surmontant régulièrement, & anticipant circulairement les uns sur les autres,

forment l'image réfléchie dont le point du milieu de la glace eſt le centre.

Si l'on reçoit l'image compoſée de tous ces diſques à une petite diſtance, alors l'étendue qu'ils occupent n'étant qu'un peu plus grande que celle de la glace, cette image eſt de la même figure & à peu-près de la même étendue que la glace : ſi la glace eſt quarrée, l'image eſt quarrée ; ſi la glace eſt triangulaire, l'image eſt triangulaire ; mais lorſqu'on reçoit l'image à une grande diſtance de la glace, où l'étendue qu'occupent les diſques eſt beaucoup plus grande que celle de la glace, l'image ne conſerve plus la figure quarrée ou triangulaire de la glace, elle devient néceſſairement circulaire ; & pour trouver le point de diſtance où l'image perd ſa figure quarrée, il n'y a qu'à chercher à quelle diſtance la glace nous paroît ſous un angle égal à celui que forme le corps du Soleil à nos yeux, c'eſt-à-dire, ſous un angle de 32 minutes, cette diſtance ſera celle où l'image perdra ſa figure quarrée, & deviendra ronde ; car les diſques ayant toujours pour diamètre une ligne égale à la corde de l'arc

de cercle qui mesure un angle de 32 minutes, on trouvera par cette règle qu'une glace quarrée de six pouces, perd sa figure quarrée à la distance d'environ 60 pieds, & qu'une glace d'un pied en quarré ne la perd qu'à 120 pieds environ, & ainsi des autres.

En réfléchissant un peu sur cette théorie, on ne sera plus étonné de voir qu'à de très-grandes distances, une grande & une petite glace donnent à peu-près une image de la même grandeur, & qui ne diffère que par l'intensité de la lumière : on ne sera plus surpris qu'une glace ronde, ou quarrée, ou longue, ou triangulaire, ou de telle autre figure que l'on voudra *(a)*, donne toujours des images rondes ; & on verra clairement que les images ne s'agrandissent & ne s'affoiblissent pas par la dispersion de la lumière, ou par la perte qu'elle fait en traversant l'air, comme l'ont cru quelques Physiciens ;

(a) C'est par cette même raison que les petites images du Soleil qui passent entre les feuilles des arbres élevés & touffus, qui tombent sur le sable d'une allée, sont toutes ovales ou rondes.

& que cela n'arrive au contraire que par l'augmentation des disques qui occupent toujours un espace de 32 minutes à quelqu'éloignement qu'on les porte.

De même on sera convaincu par la simple exposition de cette théorie, que les courbes de quelque espèce qu'elles soient, ne peuvent être employées avec avantage pour brûler de loin, parce que le diamètre du foyer de toutes les courbes, ne peut jamais être plus petit que la corde de l'arc qui mesure un angle de 32 minutes, & que par conséquent le miroir concave le plus parfait dont le diamètre seroit égal à cette corde, ne feroit jamais le double de l'effet de ce miroir plan de même surface *(b)*: & si le diamètre de ce miroir courbe étoit plus petit que cette corde, il ne feroit guère plus d'effet qu'un miroir plan de même surface.

Lorsque j'eus bien compris ce que je viens d'exposer, je me persuadai bientôt

---

(b) Si l'on se donne la peine de le supputer, on trouvera que le miroir courbe le plus parfait, n'a d'avantage sur un miroir plan que dans la raison de 17 à 10, du moins à très-peu près.

à n'en pouvoir douter, qu'Archimède n'avoit pu brûler de loin qu'avec des miroirs plans; car indépendamment de l'impoſſibilité où l'on étoit alors, & où l'on ſeroit encore aujourd'hui d'exécuter des miroirs concaves d'un auſſi long foyer, je ſentis bien que les réflexions que je viens de faire, ne pouvoient pas avoir échappé à ce grand Mathématicien. Dailleurs je penſai que ſelon toutes les apparences les Anciens ne ſavoient pas faire de grandes maſſes de verre, qu'ils ignoroient l'art de le couler pour en faire de grandes glaces, qu'ils n'avoient tout au plus que celui de le ſouffler & d'en faire des bouteilles & des vaſes, & je me perſuadai aiſément que c'étoit avec des miroirs plans de métal poli, & par la réflexion des rayons du Soleil qu'Archimède avoit brûlé au loin: mais comme j'avois reconnu que les miroirs de glace réfléchiſſent plus puiſſamment la lumière que les miroirs du métal le plus poli, je penſai à faire conſtruire une machine pour faire coïncider au même point les images réfléchies par un grand nombre de ces glaces planes, bien convaincu que

ce moyen étoit le ſeul par lequel il fût poſſible de réuſſir.

Cependant j'avois encore des doutes, & qui me paroiſſoient même très-bien fondés, car voici comment je raiſonnois. Suppoſons que la diſtance à laquelle je veux brûler ſoit de 240 pieds, je vois clairement que le foyer de mon miroir ne peut avoir moins de deux pieds de diamètre à cette diſtance; dès-lors quelle ſera l'étendue que je ſerai obligé de donner à mon aſſemblage de miroirs plans pour produire du feu dans un auſſi grand foyer! elle pouvoit être ſi grande que la choſe eût été impraticable dans l'exécution; car en comparant le diamètre du foyer au diamètre du miroir, dans les meilleurs miroirs par réflexion que nous ayons, par exemple, avec le miroir de l'Académie, j'avois obſervé que le diamètre de ce miroir qui eſt de trois pieds, étoit cent huit fois plus grand que le diamètre de ſon foyer, qui n'a qu'environ quatre lignes, & j'en concluois que pour brûler auſſi vivement à 240 pieds, il eût été néceſſaire que mon aſſemblage de miroirs eût eu 216 pieds de diamètre,

puiſque le foyer auroit deux pieds; or un miroir de 216 pieds de diamètre étoit aſſurément une choſe impoſſible.

A la vérité, ce miroir de trois pieds de diamètre brûle aſſez vivement pour fondre l'or, & je voulus voir combien j'avois à gagner en réduiſant ſon action à n'enflammer que du bois: pour cela j'appliquai ſur le miroir des zones circulaires de papier pour en diminuer le diamètre, & je trouvai qu'il n'avoit plus aſſez de force pour enflammer du bois ſec lorſque ſon diamètre fut réduit à quatre pouces huit ou neuf lignes: prenant donc cinq pouces ou ſoixante lignes pour l'étendue du diamètre néceſſaire pour brûler avec un foyer de quatre lignes, je ne pouvois me diſpenſer de conclure que pour brûler également à 240 pieds, où le foyer auroit néceſſairement deux pieds de diamètre, il me faudroit un miroir de trente pieds de diamètre; ce qui me paroiſſoit encore une choſe impoſſible, ou du moins impraticable.

A des raiſons ſi poſitives, & que d'autres auroient regardées comme des démonſtrations de l'impoſſibilité du miroir, je

n'avois rien à oppoſer qu'un ſoupçon ; mais un ſoupçon ancien, & ſur lequel plus j'avois réfléchi, plus je m'étois perſuadé qu'il n'étoit pas ſans fondement ; c'eſt que les effets de la chaleur pouvoient bien n'être pas proportionnels à la quantité de lumière ; ou, ce qui revient au même, qu'à égale intenſité de lumière, les grands foyers devoient brûler plus vivement que les petits.

En eſtimant la chaleur mathématiquement, il n'eſt pas douteux que la force des foyers de même longueur ne ſoit proportionnelle à la ſurface des miroirs. Un miroir dont la ſurface eſt double de celle d'un autre, doit avoir un foyer de la même grandeur, ſi la courbure eſt la même ; & ce foyer de même grandeur doit contenir le double de la quantité de lumière que contient le premier foyer : & dans la ſuppoſition que les effets ſont toujours proportionnels à leurs cauſes, on avoit toujours cru que la chaleur de ce ſecond foyer devoit être double de celle du premier.

De même & par la même eſtimation mathématique, on a toujours cru qu'à

égale intenſité de lumière, un petit foyer devoit brûler autant qu'un grand, & que l'effet de la chaleur devoit être proportionnel à cette intenſité de lumière : *en ſorte*, diſoit Deſcartes, *qu'on peut faire des verres ou des miroirs extrêmement petits qui brûleront avec autant de violence que les plus grands.* Je penſai d'abord, comme je l'ai dit ci-deſſus, que cette concluſion tirée de la théorie mathématique, pourroit bien ſe trouver fauſſe dans la pratique, parce que la chaleur étant une qualité phyſique, de l'action & de la propagation de laquelle nous ne connoiſſons pas bien les loix ; il me ſembloit qu'il y avoit quelque eſpèce de témérité à en eſtimer ainſi les effets par un raiſonnement de ſimple ſpéculation.

J'eus donc recours encore une fois à l'expérience : je pris des miroirs de métal de différens foyers & de différens degrés de poliment ; & en comparant l'action des différens foyers ſur les mêmes matières fuſibles ou combuſtibles, je trouvai qu'à égale intenſité de lumière, les grands foyers font conſtamment beaucoup plus d'effet que les petits, & produiſent ſouvent

l'inflammation ou la fuſion, tandis que les petits ne produiſent qu'une chaleur médiocre ; je trouvai la même choſe avec les miroirs par réfraction. Pour le faire mieux ſentir, prenons, par exemple, un grand miroir ardent par réfraction, tel que celui du ſieur Segard, qui a 32 pouces de diamètre, & un foyer de 8 lignes de largeur, à 6 pieds de diſtance, auquel foyer le cuivre ſe fond en moins d'une minute, & faiſons dans les mêmes proportions un petit verre ardent de 32 lignes de diamètre, dont le foyer ſera de $\frac{8}{12}$ ou $\frac{2}{3}$ de ligne, & la diſtance à 6 pouces ; puiſque le grand miroir fond le cuivre en une minute dans l'étendue entière de ſon foyer qui eſt de 8 lignes, le petit verre devroit, ſelon la théorie, fondre dans le même temps la même matière dans l'étendue de ſon foyer qui eſt de $\frac{2}{3}$ de ligne : Ayant fait l'expérience, j'ai trouvé, comme je m'y attendois bien, que loin de fondre le cuivre, ce petit verre ardent pouvoit à peine donner un peu de chaleur à cette matière.

La raiſon de cette différence eſt aiſée à donner, ſi l'on fait attention que la

chaleur se communique de proche en proche, & se disperse, pour ainsi dire, lors même qu'elle est appliquée continuellement sur le même point; par exemple, si l'on fait tomber le foyer d'un verre ardent sur le centre d'un écu, & que ce foyer n'ait qu'une ligne de diamètre, la chaleur qu'il produit sur le centre de l'écu se disperse & s'étend dans le volume entier de l'écu, & il devient chaud jusqu'à la circonférence; dès-lors toute la chaleur, quoiqu'employée d'abord contre le centre de l'écu, ne s'y arrête pas, & ne peut pas produire un aussi grand effet que si elle y demeuroit toute entière. Mais si au lieu d'un foyer d'une ligne qui tombe sur le milieu de l'écu, on fait tomber sur l'écu tout entier un foyer d'égale intensité, toutes les parties de l'écu étant également échauffées dans ce dernier cas; non-seulement il n'y a pas de perte de chaleur, comme dans le premier, mais même il y a du gain & de l'augmentation de chaleur, car le point du milieu profitant de la chaleur des autres points qui l'environnent, l'écu sera fondu dans ce dernier cas, tandis que dans le

premier, il ne sera que légèrement échauffé.

Après avoir fait ces expériences & ces réflexions, je sentis augmenter prodigieusement l'espérance que j'avois de réussir à faire des miroirs qui brûleroient au loin; car je commençai à ne plus craindre autant que je l'avois craint d'abord, la grande étendue des foyers, je me persuadai au contraire, qu'un foyer d'une largeur considérable, comme de deux pieds, & dans lequel l'intensité de la lumière ne seroit pas à beaucoup près aussi grande que dans un petit foyer, comme de quatre lignes, pourroit cependant produire avec plus de force l'inflammation & l'embrasement, & que par conséquent ce miroir qui, par la théorie mathématique, devoit avoir au moins 30 pieds de diamètre, se réduiroit sans doute à un miroir de 8 ou 10 pieds tout au plus; ce qui est non-seulement une chose possible, mais même très-praticable.

Je pensai donc sérieusement à exécuter mon projet; d'abord j'avois dessein de brûler à 200 ou 300 pieds avec des glaces circulaires ou hexagones d'un pied

quarré de surface, & je voulois faire quatre chassis de fer pour les porter, avec trois vis à chacune pour les mouvoir en tout sens, & un ressort pour les assujettir; mais la dépense trop considérable qu'exigeoit cet ajustement, me fit abandonner cette idée, & je me rabattis à des glaces communes de 6 pouces sur 8 pouces, & un ajustement en bois, qui, à la vérité, est moins solide & moins précis, mais dont la dépense convenoit mieux à une tentative. M. Passemant, dont l'habileté dans les mécaniques est connue même de l'Académie, se chargea de ce détail; & je n'en ferai pas la description, parce qu'un coup d'œil sur le miroir en fera mieux entendre la construction qu'un long discours *(c)*.

Il suffira de dire qu'il a d'abord été composé de cent soixante-huit glaces étamées de 6 pouces sur 8 pouces chacune, éloignées les unes des autres d'environ quatre lignes; que chacune de ces glaces se peut mouvoir en tout sens,

(c) Voyez ci-après les planches VII, VIII & IX, avec l'explication des figures 1, 2, 3, 4, 5, 6 & 7.

& indépendamment de toutes, & que les quatre lignes d'intervalle qui ſont entr'elles ſervent non-ſeulement à la liberté de ce mouvement, mais auſſi à laiſſer voir à celui qui opère, l'endroit où il faut conduire ſes images. Au moyen de cette conſtruction l'on peut faire tomber ſur le même point les cent ſoixante-huit images, & par conſéquent brûler à pluſieurs diſtances, comme à 20, 30, & juſqu'à 150 pieds, & à toutes les diſtances intermédiaires; & en augmentant la grandeur du miroir, ou en faiſant d'autres miroirs ſemblables au premier, on eſt ſûr de porter le feu à de plus grandes diſtances encore, ou d'en augmenter autant qu'on voudra, la force ou l'activité à ces premières diſtances.

Seulement il faut obſerver que le mouvement dont j'ai parlé n'eſt point trop aiſé à exécuter, & que d'ailleurs il y a un grand choix à faire dans les glaces: elles ne ſont pas toutes à beaucoup près également bonnes, quoiqu'elles paroiſſent telles à la première inſpection; j'ai été obligé d'en prendre plus de cinq cents pour avoir les cent ſoixante-huit dont je

me ſuis ſervi; la manière de les eſſayer eſt de recevoir à une grande diſtance, par exemple, à 150 pieds l'image réfléchie du Soleil comme un plan vertical; il faut choiſir celles qui donnent une image ronde & bien terminée, & rebuter toutes les autres qui ſont en beaucoup plus grand nombre, & dont les épaiſſeurs étant inégales en différens endroits, ou la ſurface un peu concave ou convexe, au lieu d'être plane, donnent des images mal terminées, doubles, triples, oblongues, chevelues, &c. ſuivant les différentes défectuoſités qui ſe trouvent dans les glaces.

Par la première expérience que j'ai faite le 23 mars 1747 à midi, j'ai mis le feu à 66 pieds de diſtance à une planche de hêtre goudronnée, avec quarante glaces ſeulement, c'eſt-à-dire, avec le quart du miroir environ; mais il faut obſerver que n'étant pas encore monté ſur ſon pied, il étoit poſé très-déſavantageuſement, faiſant avec le Soleil un angle de près de 20 degrés de déclinaiſon, & un autre de plus de 10 degrés d'inclinaiſon.

Le même jour j'ai mis le feu à une planche goudronnée & ſoufrée à 126 pieds de diſtance avec quatre-vingt-dix-huit glaces, le miroir étant poſé encore plus déſavantageuſement. On ſent bien que pour brûler avec le plus d'avantage, il faut que le miroir ſoit directement oppoſé au Soleil, auſſi-bien que les matières qu'on veut enflammer; en ſorte qu'en ſuppoſant un plan perpendiculaire ſur le plan du miroir, il faut qu'il paſſe par le Soleil, & en même temps par le milieu des matières combuſtibles.

Le 3 avril à quatre heures du ſoir, le miroir étant monté & poſé ſur ſon pied, on a produit une légère inflammation ſur une planche couverte de laine hachée à 138 pieds de diſtance avec cent douze glaces, quoique le Soleil fût foible, & que la lumière en fût fort pâle. Il faut prendre garde à ſoi lorſqu'on approche de l'endroit où ſont les matières combuſtibles, & il ne faut pas regarder le miroir, car ſi malheureuſement les yeux ſe trouvoient au foyer, on ſeroit aveuglé par l'éclat de la lumière.

Le 4 avril à onze heures du matin,

le Soleil étant fort pâle & couvert de vapeurs & de nuages légers, on n'a pas laiſſé de produire, avec cent cinquante-quatre glaces, à 150 pieds de diſtance, une chaleur ſi conſidérable, qu'elle a fait en moins de deux minutes, fumer une planche goudronnée, qui ſe ſeroit certainement enflammée, ſi le Soleil n'avoit pas diſparu tout-à-coup.

Le lendemain 5 avril à trois heures après midi, par un Soleil encore plus foible que le jour précédent, on a enflammé à 150 pieds de diſtance, des copeaux de ſapin ſoufrés & mêlés de charbon, en moins d'une minute & demie, avec cent cinquante-quatre glaces. Lorſque le Soleil eſt vif, il ne faut que quelques ſecondes pour produire l'inflammation,

Le 10 avril après midi, par un Soleil aſſez net, on a mis le feu à une planche de ſapin goudronnée, à 150 pieds, avec cent vingt-huit glaces ſeulement, l'inflammation a été très-ſubite, & elle s'eſt faite dans toute l'étendue du foyer qui avoit environ 16 pouces de diamètre à cette diſtance.

Le même jour à deux heures & demie, on a porté le feu ſur une planche de hêtre, goudronnée en partie & couverte en quelques endroits de laine hachée; l'inflammation s'eſt faite très-promptement, elle a commencé par les parties du bois qui étoient découvertes; & le feu étoit ſi violent, qu'il a fallu tremper dans l'eau la planche pour l'éteindre; il y avoit cent quarante-huit glaces, & la diſtance étoit de 150 pieds.

Le 11 avril, le foyer n'étant qu'à 20 pieds de diſtance du miroir, il n'a fallu que douze glaces pour enflammer des petites matières combuſtibles: avec vingt-une glaces on a mis le feu à une planche de hêtre qui avoit déjà été brûlée en partie: avec quarante-cinq glaces on a fondu un gros flacon d'étain qui peſoit environ ſix livres; & avec cent dix-ſept glaces on a fondu des morceaux d'argent mince, & rougi une plaque de tôle: & je ſuis perſuadé qu'à 50 pieds on fondra les métaux auſſi-bien qu'à 20, en employant toutes les glaces du miroir; & comme le foyer à cette diſtance, eſt large de ſix à ſept pouces, on pourra faire des

épreuves en grand ſur les métaux *(d)*, ce qu'il n'étoit pas poſſible de faire avec les miroirs ordinaires, dont le foyer eſt ou très-foible, ou cent fois plus petit que celui de mon miroir. J'ai remarqué

(d) Par des expériences ſubſéquentes, j'ai reconnu que la diſtance la plus avantageuſe pour faire commodément avec ces miroirs des épreuves ſur les métaux, étoit à 40 ou 45 pieds. Les aſſiettes d'argent que j'ai fondues à cette diſtance avec deux cents vingt-quatre glaces, étoient bien nettes, en ſorte qu'il n'étoit pas poſſible d'attribuer la fumée très-abondante qui en ſortoit à la graiſſe, ou à d'autres matières dont l'argent ſe feroit imbibé, & comme ſe le perſuadoient les gens témoins de l'expérience. Je la répétai néanmoins ſur des plaques d'argent toutes neuves & j'eus le même effet. Le métal fumoit très-abondamment, quelquefois pendant plus de 8 ou 10 minutes avant de ſe fondre. J'avois deſſein de recueillir cette fumée d'argent par le moyen d'un chapiteau & d'un ajuſtement ſemblable à celui dont on ſe ſert dans les diſtillations, & j'ai toujours eu regret que mes autres occupations m'en aient empêché; car cette manière de tirer l'eau du métal, eſt peut-être la ſeule que l'on puiſſe employer. Et ſi l'on prétend que cette fumée qui m'a paru humide ne contient pas de l'eau, il ſeroit toujours très-utile de ſavoir ce que c'eſt, car il ſe peut auſſi que ce ne ſoit que du métal volatiliſé. D'ailleurs je ſuis perſuadé qu'en faiſant les mêmes épreuves ſur l'or, on le verra fumer comme l'argent, peut-être moins, peut-être plus.

que les métaux & ſur-tout l'argent, fument beaucoup avant de ſe fondre, la fumée en étoit ſi ſenſible qu'elle faiſoit ombre ſur le terrein; & c'eſt-là où je l'obſervai attentivement; car il n'eſt pas poſſible de regarder un inſtant le foyer, lorſqu'il tombe ſur du métal: l'éclat en eſt beaucoup plus vif que celui du Soleil.

Les expériences que j'ai rapportées ci-deſſus, & qui ont été faites dans les premiers temps de l'invention de ces miroirs, ont été ſuivies d'un grand nombre d'autres expériences qui confirment les premières. J'ai enflammé du bois juſqu'à 200 & même 210 pieds avec ce même miroir, par le Soleil d'été, toutes les fois que le Ciel étoit pur, & je crois pouvoir aſſurer qu'avec quatre ſemblables miroirs on brûleroit à 400 pieds & peut-être plus loin. J'ai de même fondu tous les métaux & minéraux métalliques à 25, 30 & 40 pieds. On trouvera dans la ſuite de cet article les uſages auxquels on peut appliquer ces miroirs, & les limites qu'on doit aſſigner à leur puiſſance pour la calcination, la combuſtion, la fuſion, &c.

Il faut environ une demi-heure pour monter le miroir, & pour faire coïncider toutes les images au même point; mais lorſqu'il eſt une fois ajuſté, on peut s'en ſervir à toute heure, en tirant ſeulement un rideau, il mettra le feu aux matières combuſtibles très-promptement, & on ne doit pas le déranger à moins qu'on ne veuille changer la diſtance; par exemple, lorſqu'il eſt arrangé pour brûler à 100 pieds, il faut une demi-heure pour l'ajuſter à la diſtance de 150 pieds, & ainſi des autres.

Ce miroir brûle en haut, en bas & horizontalement, ſuivant la différente inclinaiſon qu'on lui donne; les expériences que je viens de rapporter, ont été faites publiquement au Jardin du Roi, ſur un terrein horizontal, contre des planches poſées verticalement: je crois qu'il n'eſt pas néceſſaire d'avertir qu'il auroit brûlé avec plus de force en haut, & moins de force en bas; & de même, qu'il eſt plus avantageux d'incliner le plan des matières combuſtibles parallèlement au plan du miroir: ce qui fait qu'il a cet avantage de brûler en haut, en bas & horizontalement,

ſur

ſur les miroirs ordinaires de réflexion qui ne brûlent qu'en haut, c'eſt que ſon foyer eſt fort éloigné, & qu'il a ſi peu de courbure qu'elle eſt inſenſible à l'œil; il eſt large de 7 pieds, & haut de 8 pieds, ce qui ne fait qu'environ la 150.e partie de la circonférence de la ſphère, lorſqu'on brûle à 150 pieds.

La raiſon qui m'a déterminé à préférer des glaces de 6 pouces de largeur ſur 8 pouces de hauteur, à des glaces quarrées de 6 ou 8 pouces, c'eſt qu'il eſt beaucoup plus commode de faire les expériences ſur un terrein horizontal & de niveau, que de les faire de bas en haut, & qu'avec cette figure plus haute que large, les images étoient plus rondes, au lieu qu'avec des glaces quarrées, elles auroient été raccourcies, ſur-tout pour les petites diſtances, dans cette ſituation horizontale.

Cette découverte nous fournit pluſieurs choſes utiles pour la Phyſique, & peut-être pour les Arts. On ſait que ce qui rend les miroirs ordinaires de réflexion preſque inutiles pour les expériences, c'eſt qu'ils brûlent toujours en haut, & qu'on eſt fort embarraſſé de trouver des

moyens pour ſuſpendre ou ſoutenir à leur foyer les matières qu'on veut fondre ou calciner : au moyen de mon miroir, on fera brûler en bas les miroirs concaves, & avec un avantage ſi conſidérable, qu'on aura une chaleur de tel degré qu'on voudra; par exemple, en oppoſant à mon miroir, un miroir concave d'un pied quarré de ſurface, la chaleur que ce dernier miroir produira à ſon foyer, en employant cent cinquante-quatre glaces ſeulement, ſera plus de douze fois plus grande que celle qu'il produit ordinairement, & l'effet ſera le même que s'il exiſtoit douze Soleils au lieu d'un, ou plutôt que ſi le Soleil avoit douze fois plus de chaleur.

Secondement, on aura par le moyen de mon miroir la vraie échelle de l'augmentation de la chaleur, & on fera un thermomètre réel, dont les diviſions n'auront plus rien d'arbitraire, depuis la température de l'air juſqu'à tel degré de chaleur qu'on voudra, en faiſant tomber une à une ſucceſſivement, les images du Soleil les unes ſur les autres, & en graduant les intervalles, ſoit au moyen

d'une liqueur expanſive, ſoit au moyen d'une machine de dilatation; & de-là nous ſaurons en effet ce que c'eſt qu'une augmentation double, triple, quadruple, &c. de chaleur *(e)*, & nous connoîtrons les matières dont l'expanſion, ou les autres effets feront les plus convenables pour meſurer les augmentations de chaleur.

Troiſièmement, nous ſaurons au juſte combien de fois il faut la chaleur du Soleil pour brûler, fondre ou calciner différentes matières, ce qu'on ne ſavoit eſtimer juſqu'ici que d'une manière vague & fort éloignée de la vérité; & nous ſerons en état de faire des comparaiſons préciſes de l'activité de nos feux avec celle du Soleil, & d'avoir ſur cela des rapports exacts, & des meſures fixes & invariables.

(e) Feu M. de Mairan a fait une épreuve avec trois glaces ſeulement, & a trouvé que les augmentations du double & du triple de chaleur étoient comme les diviſions du thermomètre de Reaumur; mais on ne doit rien conclure de cette expérience qui n'a donné lieu à ce réſultat que par une eſpèce de haſard. *Voyez ſur ce ſujet ce que j'ai dit dans mon* TRAITÉ DES ÉLÉMENS.

Enfin, on sera convaincu lorsqu'on aura examiné la théorie que j'ai donnée, & qu'on aura vu l'effet de mon miroir, que le moyen que j'ai employé étoit le seul par lequel il fût possible de réussir à brûler au loin : car indépendamment de la difficulté physique de faire de grands miroirs concaves sphériques, paraboliques, ou d'une autre courbure quelconque assez régulière pour brûler à 150 pieds; on se démontrera aisément à soi-même, qu'ils ne produiroient qu'à peu-près autant d'effet que le mien, parce que le foyer en seroit presque aussi large; que de plus, ces miroirs courbes, quand même il seroit possible de les exécuter, auroient le désavantage très-grand de ne brûler qu'à une seule distance, au lieu que le mien brûle à toutes les distances; & par conséquent on abandonnera le projet de faire, par le moyen des courbes, des miroirs pour brûler au loin, ce qui a occupé inutilement un grand nombre de Mathématiciens & d'Artistes qui se trompoient toujours, parce qu'ils considéroient les rayons du Soleil comme parallèles, au lieu qu'il faut les considérer ici tels qu'ils sont,

c'eſt-à-dire, comme faiſant des angles de toute grandeur, depuis zéro juſqu'à 32 minutes, ce qui fait qu'il eſt impoſſible, quelque courbure qu'on donne à un miroir, de rendre le diamètre du foyer plus petit que la corde de l'arc qui meſure cet angle de 32 minutes. Ainſi quand même on pourroit faire un miroir concave pour brûler à une grande diſtance, par exemple, à 150 pieds, en le travaillant dans tous ſes points ſur une ſphère de 600 pieds de diamètre, & en employant une maſſe énorme de verre ou de métal, il eſt clair qu'on aura à peu-près autant d'avantage à n'employer au contraire que de petits miroirs plans.

Au reſte, comme tout a des limites, quoique mon miroir ſoit ſuſceptible d'une plus grande perfection, tant pour l'ajuſtement que pour pluſieurs autres choſes, & que je compte bien en faire un autre dont les effets ſeront ſupérieurs, cependant il ne faut pas eſpérer qu'on puiſſe jamais brûler à de très-grandes diſtances; car pour brûler, par exemple, à une demi-lieue, il faudroit un miroir deux mille fois plus grand que le mien; &

tout ce qu'on pourra jamais faire, eſt de brûler à 8 ou 900 pieds tout au plus. Le foyer dont le mouvement correſpond toujours à celui du Soleil, marche d'autant plus vîte qu'il eſt plus éloigné du miroir, & à 900 pieds de diſtance, il feroit un chemin d'environ 6 pieds par minute.

Il n'eſt pas néceſſaire d'avertir qu'on peut faire, avec des petits morceaux plats de glace ou de métal, des miroirs dont les foyers ſeront variables, & qui brûleront à de petites diſtances avec une grande vivacité; & en les montant à peu-près comme l'on monte les paraſols, il ne faudroit qu'un ſeul mouvement pour en ajuſter le foyer.

Maintenant que j'ai rendu compte de ma découverte & du ſuccès de mes expériences, je dois rendre à Archimède & aux Anciens, la gloire qui leur eſt dûe. Il eſt certain qu'Archimède a pu faire avec des miroirs de métal ce que je fais avec des miroirs de verre; il eſt ſûr qu'il avoit plus de lumières qu'il n'en faut pour imaginer la théorie qui m'a guidé & la mécanique que j'ai fait exécuter, & que par conſéquent on ne peut lui refuſer le

titre de premier inventeur de ces miroirs, que l'occasion où il sut les employer, rendit sans doute plus célèbres que le mérite de la chose même.

Pendant le temps que je travaillois à ces miroirs, j'ignorois le détail de tout ce qu'en ont dit les Anciens; mais après avoir réussi à les faire, je fus bien aise de m'en instruire. Feu M. Melot, de l'Académie des Belles-Lettres, & l'un des Gardes de la Bibliothèque du Roi, dont la grande érudition & les talens étoient connus de tous les Savans, eut la bonté de me communiquer une excellente Dissertation qu'il avoit faite sur ce sujet, dans laquelle il rapporte les témoignages de tous les Auteurs qui ont parlé des miroirs ardens d'Archimède; ceux qui en parlent le plus clairement sont, Zonaras & Tzetzès, qui vivoient tous deux dans le XII.e siècle: le premier dit, qu'*Archimède* avec ses miroirs ardens, mit en cendres toute la flotte des Romains: *ce Géomètre*, dit-il, *ayant reçu les rayons du Soleil sur un miroir, à l'aide de ces rayons rassemblés & réfléchis par l'épaisseur & le poli du miroir, il embrasa l'air, & alluma une grande flamme*

qu'il lança toute entière ſur les vaiſſeaux qui mouilloient dans la ſphère de ſon activité, & qui furent tous réduits en cendres. Le même Zonaras rapporte auſſi, qu'au ſiége de Conſtantinople, ſous l'empire d'Anaſtaſe, l'an 514 de Jéſus-Chriſt, Proclus brûla avec des miroirs d'airain, la flotte de Vitalien qui aſſiégeoit Conſtantinople; & il ajoute que ces miroirs étoient une découverte ancienne, & que l'hiſtorien Dion en donne l'honneur à Archimède qui la fit, & s'en ſervit contre les Romains, lorſque Marcellus fit le ſiége de Syracuſe.

Tzetzès, non-ſeulement rapporte & aſſure le fait des miroirs, mais même il en explique en quelque façon la conſtruction. *Lorſque les vaiſſeaux Romains,* dit-il, *furent à la portée du trait, Archimède fit faire une eſpèce de miroir hexagone, & d'autres plus petits de vingt-quatre angles chacun, qu'il plaça dans une diſtance proportionnée & qu'on pouvoit mouvoir à l'aide de leurs charnières & de certaines lames de métal; il plaça le miroir hexagone de façon qu'il étoit coupé par le milieu par le méridien d'hiver & d'été, en ſorte que les rayons*

du Soleil reçus sur ce miroir venant à se briser, allumèrent un grand feu qui réduisit en cendres les vaisseaux Romains, quoiqu'ils fussent éloignés de la portée d'un trait. Ce passage me paroît assez clair; il fixe la distance à laquelle Archimède a brûlé, la portée du trait ne peut guère être que de 150 ou 200 pieds; il donne l'idée de la construction, & fait voir que le miroir d'Archimède pouvoit être comme le mien, composé de plusieurs petits miroirs qui se mouvoient par des mouvemens de charnières & de ressorts, & enfin il indique la position du miroir, en disant que le miroir hexagone autour duquel étoient sans doute les miroirs plus petits, étoit coupé par le méridien, ce qui veut dire apparemment que le miroir doit être opposé directement au Soleil; d'ailleurs le miroir hexagone étoit probablement celui dont l'image servoit de mire pour ajuster les autres, & cette figure n'est pas tout-à-fait indifférente, non plus que celle de vingt-quatre angles ou vingt-quatre côtés des petits miroirs. Il est aisé de sentir qu'il y a en effet de l'avantage à donner à ces miroirs une figure polygone

d'un grand nombre de côtés égaux, afin que la quantité de lumière soit moins inégalement répartie dans l'image réfléchie, & elle sera répartie le moins inégalement qu'il est possible lorsque les miroirs seront circulaires : j'ai bien vu qu'il y avoit de la perte à employer des miroirs quadrangulaires, longs de 6 pouces sur 8 pouces ; mais j'ai préféré cette forme parce qu'elle est, comme je l'ai dit, plus avantageuse pour brûler horizontalement.

J'ai aussi trouvé dans la même dissertation de M. Melot, que le P. Kircher avoit écrit qu'Archimède avoit pu brûler à une grande distance avec des miroirs plans, & que l'expérience lui avoit appris, qu'en réunissant de cette façon les images du Soleil, on produisoit une chaleur considérable au point de réunion.

Enfin dans les Mémoires de l'Académie, *année 1726*, M. du Fay, dont j'honorerai toujours la mémoire & les talens, paroît avoir touché à cette découverte, il dit : qu'*ayant reçu l'image du Soleil sur un miroir plan d'un pied en quarré, & l'ayant portée jusqu'à 600 pieds sur un miroir concave de 17 pouces de diamètre, elle avoit*

encore la force de brûler des matières combuſtibles au foyer de ce dernier miroir. Et à la fin de ſon Mémoire, il dit : *que quelques Auteurs,* il veut ſans doute parler du P. Kircher, *ont propoſé de former un miroir d'un très-long foyer par un grand nombre de petits miroirs plans, que pluſieurs perſonnes tiendroient à la main, & dirigeroient de façon que les images du Soleil formées par chacun de ces miroirs, concourroient en un même point, & que ce ſeroit peut-être la façon de réuſſir la plus ſûre & la moins difficile à exécuter.* Un peu de réflexion ſur l'expérience du miroir concave & ſur ce projet, auroit porté M. du Fay à la découverte du miroir d'Archimède, qu'il traite cependant de fable un peu plus haut ; car il me paroît qu'il étoit tout naturel de conclure de ſon expérience, que puiſqu'un miroir concave de 17 pouces de diamètre ſur lequel l'image du Soleil ne tomboit pas toute entière, à beaucoup près, peut cependant brûler par cette ſeule partie de l'image du Soleil réfléchie à 600 pieds, dans un foyer que je ſuppoſe large de 3 lignes ; onze cents cinquante-ſix miroirs plans ſemblables

au premier miroir réfléchiſſant, doivent à plus forte raiſon brûler directement à cette diſtance de 600 pieds, & que par conſéquent deux cents quatre-vingt-neuf miroirs plans auroient été plus que ſuffiſans pour brûler à 300 pieds, en réuniſſant les deux cents quatre-vingt-neuf images : mais en fait de découverte le dernier pas, quoique ſouvent le plus facile, eſt cependant celui qu'on fait le plus rarement.

Mon Mémoire, tel qu'on vient de le lire, a été imprimé dans le volume de l'Académie des Sciences, *année 1747*, ſous le titre : *Invention des miroirs pour brûler à une grande diſtance.* Feu M. Bouguer, & quelques autres Membres de cette ſavante Compagnie, m'ayant fait pluſieurs objections, tirées principalement de la doctrine de Deſcartes, dans ſon Traité de Dioptrique, je crus devoir y répondre par le Mémoire ſuivant, qui fut lû à l'Académie la même année, mais que je ne fis pas imprimer par ménagement pour mes adverſaires en opinion. Cependant comme il contient pluſieurs choſes utiles, & qu'il pourra ſervir de préſervatif contre les erreurs contenues dans quelques livres

d'Optique, ſur-tout dans celui de la Dioptrique de Deſcartes, que d'ailleurs il ſert d'explication & de ſuite au Mémoire précédent; j'ai jugé à propos de les joindre ici & de les publier enſemble.

ARTICLE SECOND.

RÉFLEXIONS ſur le jugement de Deſcartes, au ſujet des miroirs d'Archimède, avec le développement de la théorie de ces miroirs & l'explication de leurs principaux uſages.

LA Dioptrique de Deſcartes, cet ouvrage qu'il a donné comme le premier & le principal eſſai de ſa méthode de raiſonner dans les Sciences, doit être regardée comme un chef-d'œuvre pour ſon temps; mais les plus belles ſpéculations ſont ſouvent démenties par l'expérience, & tous les jours les ſublimes Mathématiques ſont obligées de ſe plier ſous de nouveaux faits; car dans l'application qu'on en fait aux plus petites parties de la Phyſique, on doit ſe défier de toutes les circonſtances, & ne pas ſe confier aſſez aux

choſes qu'on croit ſavoir pour prononcer affirmativement ſur celles qui ſont inconnues. Ce défaut n'eſt cependant que trop ordinaire, & j'ai cru que je ferois quelque choſe d'utile pour ceux qui veulent s'occuper d'Optique, que de leur expoſer ce qui manquoit à Deſcartes, pour pouvoir donner une théorie de cette ſcience qui fût ſuſceptible d'être réduite en pratique.

Son Traité de Dioptrique eſt diviſé en dix Diſcours, dans le premier, notre Philoſophe parle de la lumière ; & comme il ignoroit ſon mouvement progreſſif qui n'a été découvert que quelque temps après par Roëmer, il faut modifier tout ce qu'il dit à cet égard, & on ne doit adopter aucune des explications qu'il donne au ſujet de la nature & de la propagation de la lumière, non plus que les comparaiſons & les hypothèſes qu'il emploie pour tâcher d'expliquer les cauſes & les effets de la viſion. On ſait actuellement que la lumière eſt environ 7 minutes $\frac{1}{2}$ à venir du Soleil juſqu'à nous, que cette émiſſion du corps lumineux ſe renouvelle à chaque inſtant, & que ce n'eſt pas par la preſſion continue & par l'action, ou

plutôt l'ébranlement inſtantané d'une matière ſubtile que ſes effets s'opèrent; ainſi toutes les parties de ce Traité, où l'Auteur emploie cette théorie, ſont plus que ſuſpectes, & les conſéquences ne peuvent être qu'erronées.

Il en eſt de même de l'explication que Deſcartes donne de la réfraction; non-ſeulement ſa théorie eſt hypothétique pour la cauſe, mais la pratique eſt contraire dans tous les effets. Les mouvemens d'une balle qui traverſe l'eau, ſont très-différens de ceux de la lumière qui traverſe le même milieu, & s'il eût comparé ce qui arrive en effet à une balle, avec ce qui arrive à la lumière, il en auroit tiré des conſéquences tout-à-fait oppoſées à celles qu'il a tirées.

Et pour ne pas omettre une choſe très-eſſentielle, & qui pourroit induire en erreur, il faut bien ſe garder, en liſant cet article, de croire avec notre Philoſophe, que le mouvement rectiligne peut ſe changer naturellement en un mouvement circulaire; cette aſſertion eſt fauſſe, & le contraire eſt démontré depuis que l'on connoît les loix du mouvement.

Comme le second Discours roule en grande partie sur cette théorie hypothétique de la réfraction, je me dispenserai de parler en détail des erreurs qui en sont les conséquences, un Lecteur averti ne peut manquer de les remarquer.

Dans les troisième, quatrième & cinquième Discours, il est question de la vision, & l'explication que Descartes donne au sujet des images qui se forment au fond de l'œil, est assez juste ; mais ce qu'il dit sur les couleurs ne peut pas se soutenir ni même s'entendre : car comment concevoir qu'une certaine proportion entre le mouvement rectiligne & un prétendu mouvement circulaire, puisse produire des couleurs ? Cette partie a été, comme l'on sait, traitée à fond & d'une manière démonstrative par Newton, & l'expérience a fait voir l'insuffisance de tous les systèmes précédens.

Je ne dirai rien du sixième Discours, où il tâche d'expliquer comment se font nos sensations : quelque ingénieuses que soient ses hypothèses, il est aisé de sentir qu'elles sont gratuites ; & comme il n'y a presque rien de mathématique dans

cette partie, il eſt inutile de nous y arrêter.

Dans le ſeptième & le huitième Diſcours, Deſcartes donne une belle théorie géométrique ſur les formes que doivent avoir les verres pour produire les effets qui peuvent ſervir à la perfection de la viſion, & après avoir examiné ce qui arrive aux rayons qui traverſent ces verres de différentes formes, il conclut que les verres elliptiques & hyperboliques, ſont les meilleurs de tous pour raſſembler les rayons; & il finit par donner dans le neuvième Diſcours la manière de conſtruire les lunettes de longue vue, & dans le dixième & dernier Diſcours, celle de tailler les verres.

Cette partie de l'ouvrage de Deſcartes, qui eſt proprement la ſeule partie mathématique de ſon Traité, eſt plus fondée & beaucoup mieux raiſonnée que les précédentes; cependant on n'a point appliqué ſa théorie à la pratique, on n'a pas taillé des verres elliptiques ou hyperboliques, & l'on a oublié ces fameuſes ovales qui font le principal objet du ſecond Livre de ſa Géométrie; la différente réfrangibilité

des rayons, qui étoit inconnue à Descartes, n'a pas été découverte que cette théorie géométrique a été abandonnée: il est en effet démontré qu'il n'y a pas autant à gagner par le choix de ces formes qu'il y a à perdre par la différente réfrangibilité des rayons, puisque selon leur différent degré de réfrangibilité, ils se rassemblent plus ou moins près; mais comme l'on est parvenu à faire des lunettes achromatiques, dans lesquelles on compense la différente réfrangibilité des rayons par des verres de différente densité; il seroit très-utile aujourd'hui de tailler des verres hyperboliques ou elliptiques, si l'on veut donner aux lunettes achromatiques toute la perfection dont elles sont susceptibles.

Après ce que je viens d'exposer, il me semble que l'on ne devroit pas être surpris que Descartes eût mal prononcé au sujet des miroirs d'Archimède, puisqu'il ignoroit un si grand nombre de choses qu'on a découvertes depuis: mais comme c'est ici le point particulier que je veux examiner, il faut rapporter ce qu'il en a dit, afin qu'on soit plus en état d'en juger.

« Vous pouvez aussi remarquer par

occaſion, que les rayons du Soleil « ramaſſés par le verre elliptique, doivent « brûler avec plus de force qu'étant raſ- « ſemblés par l'hyperbolique, car il ne « faut pas ſeulement prendre garde aux « rayons qui viennent du centre du Soleil, « mais auſſi à tous les autres qui venant « des autres points de la ſuperficie, n'ont « pas ſenſiblement moins de force que « ceux du centre; en ſorte que la vio- « lence de la chaleur qu'ils peuvent cauſer, « ſe doit mèſurer par la grandeur du « corps qui les aſſemble, comparée avec « celle de l'eſpace où il les aſſemble.... « ſans que la grandeur du diamètre de « ce corps y puiſſe rien ajouter, ni ſa « figure particulière, qu'environ un quart « ou un tiers tout au plus; il eſt certain « que cette ligne brûlante à l'infini, que « quelques-uns ont imaginée, n'eſt « qu'une rêverie. »

Juſqu'ici il n'eſt queſtion que de verres brûlans par réfraction, mais ce raiſonnement doit s'appliquer de même aux miroirs par réflexion, & avant que de faire voir que l'Auteur n'a pas tiré de cette théorie les conſéquences qu'il devoit

en tirer, il eſt bon de lui répondre d'abord par l'expérience. Cette ligne brûlante à l'infini, qu'il regarde comme une rêverie, pourroit s'exécuter par des miroirs de réflexion ſemblables au mien, non pas à une diſtance infinie, parce que l'homme ne peut rien faire d'infini, mais à une diſtance indéfinie aſſez conſidérable. Car ſuppoſons que mon miroir au lieu d'être compoſé de deux cents vingt-quatre petites glaces, fût compoſé de deux mille, ce qui eſt poſſible; il n'en faut que vingt pour brûler à 20 pieds, & le foyer étant comme une colonne de lumière, ces vingt glaces brûlent en même temps à 17 & à 23 pieds; avec vingt-cinq autres glaces, je ferai un foyer qui brûlera depuis 23 juſqu'à 30; avec vingt-neuf glaces, un foyer qui brûlera depuis 30 juſqu'à 40; avec trente-quatre glaces, un foyer qui brûlera depuis 40 juſqu'à 52; avec quarante glaces, depuis 52 juſqu'à 64; avec cinquante glaces, depuis 64 juſqu'à 76; avec ſoixante glaces, depuis 76 juſqu'à 88; avec ſoixante-dix glaces, depuis 88 juſqu'à 100 pieds: voilà donc déjà une ligne brûlante, depuis 17 juſqu'à 100

pieds, où je n'aurai employé que trois cents vingt-huit glaces; & pour la continuer, il n'y a qu'à faire d'abord un foyer de quatre-vingts glaces, il brûlera depuis 100 pieds jufqu'à 116; & quatre-vingt-douze glaces, depuis 116 jufqu'à 134 pieds; & cent huit glaces, depuis 134 jufqu'à 150; & cent vingt-quatre glaces, depuis 150 jufqu'à 170; & cent cinquante-quatre glaces, depuis 170 jufqu'à 200 pieds; ainfi voilà ma ligne brûlante prolongée de 100 pieds, en forte que depuis dix-fept pieds jufqu'à 200 pieds, en quelqu'endroit de cette diftance qu'on puiffe mettre un corps combuftible, il fera brûlé; & pour cela il ne faut en tout que huit cents quatre-vingt-fix glaces de fix pouces, & en employant le refte des deux mille glaces, je prolongerai de même la ligne brûlante jufqu'à 3 & 400 pieds; & avec un plus grand nombre de glaces, par exemple, avec quatre mille je la prolongerai beaucoup plus loin, à une diftance indéfinie. Or tout ce qui dans la pratique eft indéfini, peut être regardé comme infini dans la théorie; donc notre célèbre Philofophe a eu tort de dire que cette

ligne brûlante à l'infini n'étoit qu'une rêverie.

Maintenant, venons à la théorie, rien n'eſt plus vrai que ce que dit ici Deſcartes au ſujet de la réunion des rayons du Soleil, qui ne ſe fait pas dans un point, mais dans un eſpace ou foyer dont le diamètre augmente à proportion de la diſtance. Mais ce grand Philoſophe n'a pas ſenti l'étendue de ce principe qu'il ne donne que comme une remarque; car s'il y eût fait attention, il n'auroit pas conſidéré dans tout le reſte de ſon ouvrage les rayons du Soleil comme parallèles, il n'auroit pas établi comme le fondement de la théorie de ſa conſtruction des lunettes, la réunion des rayons dans un point, & il ſe ſeroit bien gardé de dire affirmativement, *(page 131) Nous pourrons par cette invention voir des objets auſſi particuliers & auſſi petits dans les aſtres, que ceux que nous voyons communément ſur la terre.* Cette aſſertion ne pouvoit être vraie qu'en ſuppoſant le parallèliſme des rayons & leur réunion en un ſeul point, & par conſéquent elle eſt oppoſée à ſa propre théorie, ou plutôt il n'a pas employé

la théorie comme il le falloit; & en effet, s'il n'eût pas perdu de vue cette remarque, il eût supprimé les deux derniers Livres de sa Dioptrique; car il auroit vu que quand même les Ouvriers eussent pu tailler les verres comme il l'exigeoit, ces verres n'auroient pas produit les effets qu'il leur a supposés, de nous faire distinguer les plus petits objets dans les astres; à moins qu'il n'eût en même temps supposé dans ces objets une intensité de lumière infinie, ou, ce qui revient au même, qu'ils eussent, malgré leur éloignement, pu former un angle sensible à nos yeux.

Comme ce point d'Optique n'a jamais été bien éclairci, j'entrerai dans quelque détail à cet égard : on peut démontrer que deux objets également lumineux & dont les diamètres sont différens, ou bien que deux objets dont les diamètres sont égaux, & dont l'intensité de lumière est différente, doivent être observés avec des lunettes différentes; que pour observer avec le plus grand avantage possible, il faudroit des lunettes différentes pour chaque Planète; que, par exemple, Vénus qui nous paroît bien plus petite que la

Lune, & dont je ſuppoſe pour un inſtant la lumière égale à celle de la Lune, doit être obſervée avec une lunette d'un plus long foyer que la Lune; & que la perfection des lunettes, pour en tirer le plus grand avantage poſſible, dépend d'une combinaiſon qu'il faut faire, non-ſeulement entre les diamètres & les courbures des verres, comme Deſcartes l'a fait, mais encore entre ces mêmes diamètres & l'intenſité de la lumière de l'objet qu'on obſerve. Cette intenſité de la lumière de chaque objet, eſt un élément que les Auteurs qui ont écrit ſur l'Optique n'ont jamais employé, & cependant il fait plus que l'augmentation de l'angle ſous lequel un objet doit nous paroître, en vertu de la courbure des verres. Il en eſt de même d'une choſe qui ſemble être un paradoxe, c'eſt que les miroirs ardens, ſoit par réflexion, ſoit par réfraction, feroient un effet toujours égal à quelque diſtance qu'on les mît du Soleil. Par exemple, mon miroir brûlant à 150 pieds du bois ſur la Terre, brûleroit de même à 150 pieds & avec autant de force du bois dans Saturne, où cependant la chaleur du Soleil eſt

eſt environ cent fois moindre que ſur la Terre. Je crois que les bons eſprits ſentiront bien, ſans autre démonſtration, la vérité de ces deux propoſitions, quoique toutes deux nouvelles & ſingulières.

Mais pour ne pas m'écarter du ſujet que je me ſuis propoſé, & pour démontrer que Deſcartes n'ayant pas la théorie qui eſt néceſſaire pour conſtruire les miroirs d'Archimède, il n'étoit pas en état de prononcer qu'ils étoient impoſſibles, je vais faire ſentir, autant que je le pourrai, en quoi conſiſtoit la difficulté de cette invention.

Si le Soleil, au lieu d'occuper à nos yeux un eſpace de 32 minutes de degré, étoit réduit en un point, alors il eſt certain que ce point de lumière réfléchie par un point d'une ſurface polie, produiroit à toutes les diſtances une lumière & une chaleur égales, parce que l'interpoſition de l'air ne fait rien ou preſque rien ici; que par conſéquent un miroir dont la ſurface ſeroit égale à celle d'un autre, brûleroit à dix lieues à peu-près auſſi-bien que le premier brûleroit à 10 pieds, s'il étoit poſſible de le travailler

ſur une ſphère de quarante lieues, comme on peut travailler l'autre ſur une ſphère de 40 pieds; parce que chaque point de la ſurface du miroir réfléchiſſant le point lumineux auquel nous avons réduit le diſque du Soleil, on auroit, en variant la courbure des miroirs, une égale chaleur ou une égale lumière à toutes les diſtances ſans changer leurs diamètres; ainſi pour brûler à une grande diſtance, dans ce cas il faudroit en effet un miroir très-exactement travaillé ſur une ſphère, ou une hyperboloïde proportionnée à la diſtance, ou bien un miroir briſé en une infinité de points phyſiques plans, qu'il faudroit faire coïncider au même point; mais le diſque du Soleil occupant un eſpace de 32 minutes de degré, il eſt clair que le même miroir ſphérique ou hyperbolique ou d'une autre figure quelconque, ne peut jamais, en vertu de cette figure, réduire l'image du Soleil en un eſpace plus petit que de 32 minutes; que dès-lors l'image augmentera toujours à meſure qu'on s'éloignera; que de plus chaque point de la ſurface nous donnera une image d'une même largeur, par

exemple, d'un demi-pied à 60 pieds: or comme il eſt néceſſaire pour produire tout l'effet poſſible que toutes ces images coïncident dans cet eſpace d'un demi-pied, alors au lieu de briſer le miroir en une infinité de parties, il eſt évident qu'il eſt à peu-près égal & beaucoup plus commode de ne le briſer qu'en un petit nombre de parties planes d'un demi-pied de diamètre chacune, parce que chaque petit miroir plan d'un demi-pied donnera une image d'environ un demi-pied, qui ſera à peu-près auſſi lumineuſe qu'une pareille ſurface d'un demi-pied priſe dans le miroir ſphérique ou hyperbolique.

La théorie de mon miroir ne conſiſte donc pas, comme on l'a dit ici, à avoir trouvé l'art d'inſcrire aiſément des plans dans une ſurface ſphérique & le moyen de changer à volonté la courbure de cette ſurface ſphérique; mais elle ſuppoſe cette remarque plus délicate & qui n'avoit jamais été faite, c'eſt qu'il y a preſque autant d'avantage à ſe ſervir de miroirs plans que de miroirs de toute autre figure, dès qu'on veut brûler à une certaine diſtance, & que la grandeur du miroir plan eſt

déterminée par la grandeur de l'image à cette distance, en sorte qu'à la distance de 60 pieds, où l'image du Soleil a environ un demi-pied de diamètre, on brûlera à peu-près aussi-bien avec des miroirs plans d'un demi-pied qu'avec des miroirs hyperboliques les mieux travaillés, pourvu qu'ils n'aient que la même grandeur. De même avec des miroirs plans d'un pouce & demi, on brûlera à 15 pieds à peu-près avec autant de force qu'avec un miroir exactement travaillé dans toutes ses parties, & pour le dire en un mot, un miroir à facettes plates produira à peu-près autant d'effet qu'un miroir travaillé avec la dernière exactitude dans toutes ses parties, pourvu que la grandeur de chaque facette soit égale à la grandeur de l'image du Soleil; & c'est par cette raison qu'il y a une certaine proportion entre la grandeur des miroirs plans & les distances, & que pour brûler plus loin, on peut employer, même avec avantage, de plus grandes glaces dans mon miroir que pour brûler plus près.

Car si cela n'étoit pas, on sent bien qu'en réduisant, par exemple, mes glaces

de ſix pouces à trois pouces, & employant quatre fois autant de ces glaces que des premières, ce qui revient au même pour l'étendue de la ſurface du miroir, j'aurois eu quatre fois plus d'effet, & que plus les glaces ſeroient petites & plus le miroir produiroit d'effet; & c'eſt à ceci que ſe ſeroit réduit l'art de quelqu'un qui auroit ſeulement tenté d'inſcrire une ſurface polygone dans une ſphère, & qui auroit imaginé l'ajuſtement dont je me ſuis ſervi pour faire changer à volonté la courbure de cette ſurface; il auroit fait les glaces les plus petites qu'il auroit été poſſible; mais le fond & la théorie de la choſe eſt d'avoir reconnu qu'il n'étoit pas ſeulement queſtion d'inſcrire une ſurface polygone dans une ſphère avec exactitude, & d'en faire varier la courbure à volonté; mais encore que chaque partie de cette ſurface devoit avoir une certaine grandeur déterminée pour produire aiſément un grand effet; ce qui fait un problème fort différent, & dont la ſolution m'a fait voir qu'au lieu de travailler ou de briſer un miroir dans toutes ſes parties pour faire coïncider les images au même endroit, il ſuffiſoit de

le briſer ou de le travailler à facettes planes en grandes portions égales à la grandeur de l'image, & qu'il y avoit peu à gagner en le briſant en de trop petites parties, ou, ce qui eſt la même choſe, en le travaillant exactement dans tous ſes points. C'eſt pour cela que j'ai dit dans mon Mémoire, que pour brûler à de grandes diſtances il falloit imaginer quelque choſe de nouveau & tout-à-fait indépendant de ce qu'on avoit penſé & pratiqué juſqu'ici, & ayant ſupputé géométriquement la différence, j'ai trouvé qu'un miroir parfait de quelque courbure qu'il puiſſe être, n'aura jamais plus d'avantage ſur le mien que de 17 à 10, & qu'en même temps l'exécution en ſeroit impoſſible pour ne brûler même qu'à une petite diſtance comme de 25 ou 30 pieds. Mais revenons aux aſſertions de Deſcartes.

Il dit enſuite « qu'ayant deux verres » ou miroirs ardens, dont l'un ſoit beau- » coup plus grand que l'autre, de quelque » façon qu'ils puiſſent être, pourvu que » leurs figures ſoient toutes pareilles, le » plus grand doit bien ramaſſer les rayons » du Soleil en un plus grand eſpace &

plus loin de soi que le plus petit, mais «
que ces rayons ne doivent point avoir «
plus de force en chaque partie de cet «
espace qu'en celui où le plus petit les «
ramasse, en sorte qu'on peut faire des «
verres ou miroirs extrêmement petits, «
qui brûleront avec autant de violence «
que les plus grands. »

Ceci est absolument contraire aux expériences que j'ai rapportées dans mon Mémoire, où j'ai fait voir qu'à égale intensité de lumière un grand foyer brûle beaucoup plus qu'un petit, & c'est en partie sur cette remarque, toute opposée au sentiment de Descartes, que j'ai fondé la théorie de mes miroirs; car voici ce qui suit de l'opinion de ce Philosophe. Prenons un grand miroir ardent, comme celui du sieur Segard, qui a 32 pouces de diamètre, & un foyer de 9 lignes de largeur à 6 pieds de distance, auquel foyer le cuivre se fond en une minute, & faisons dans les mêmes proportions un petit miroir ardent de 32 lignes de diamètre, dont le foyer sera de $\frac{9}{12}$ ou de $\frac{3}{4}$ de ligne de diamètre, & la distance de 6 pouces; puisque le grand miroir fond le

cuivre en une minute dans l'étendue de ſon foyer qui eſt de 9 lignes, le petit doit, ſelon Deſcartes, fondre dans le même temps la même matière dans l'étendue de ſon foyer qui eſt de $\frac{3}{4}$ de ligne; or j'en appelle à l'expérience, & on verra que bien loin de fondre le cuivre, à peine ce petit verre brûlant pourra-t-il lui donner un peu de chaleur.

Comme ceci eſt une remarque phyſique & qui n'a pas peu ſervi à augmenter mes eſpérances lorſque je doutois encore ſi je pourrois produire du feu à une grande diſtance, je crois devoir communiquer ce que j'ai penſé à ce ſujet.

La première choſe à laquelle je fis attention, c'eſt que la chaleur ſe communique de proche en proche & ſe diſperſe, quand même elle eſt appliquée continuellement ſur le même point; par exemple, ſi on fait tomber le foyer d'un verre ardent ſur le centre d'un écu, & que ce foyer n'ait qu'une ligne de diamètre, la chaleur qu'il produit ſur le centre de l'écu ſe diſperſe & s'étend dans le volume entier de l'écu, & il devient chaud juſqu'à la circonférence, dès-lors toute la chaleur,

quoiqu'employée d'abord contre le centre de l'écu, ne s'y arrête pas & ne peut pas produire un aussi grand effet que si elle y demeuroit toute entière. Mais si au lieu d'un foyer d'une ligne qui tombe sur le milieu de l'écu, je fais tomber sur l'écu tout entier un foyer d'égale force au premier, toutes les parties de l'écu étant également échauffées dans ce dernier cas; il n'y a pas de perte de chaleur comme dans le premier, & le point du milieu profitant de la chaleur des autres points, autant que ces points profitent de la sienne, l'écu sera fondu par la chaleur dans ce dernier cas, tandis que dans le premier il n'aura été que légèrement échauffé. De-là je conclus que toutes les fois qu'on peut faire un grand foyer on est sûr de produire de plus grands effets qu'avec un petit foyer, quoique l'intensité de lumière soit la même dans tous deux; & qu'un petit miroir ardent ne peut jamais faire autant d'effet qu'un grand; & même qu'avec une moindre intensité de lumière, un grand miroir doit faire plus d'effet qu'un petit, la figure de ces deux miroirs étant toujours supposée semblable. Ceci,

qui comme l'on voit, eſt directement oppoſé à ce que dit Deſcartes, s'eſt trouvé confirmé par les expériences rapportées dans mon Mémoire: mais je ne me ſuis pas borné à ſavoir d'une manière générale que les grands foyers agiſſoient avec plus de force que les petits, j'ai déterminé à très-peu près de combien eſt cette augmentation de force, & j'ai vu qu'elle étoit très-conſidérable; car j'ai trouvé que s'il faut dans un miroir cent quarante-quatre fois la ſurface d'un foyer de ſix lignes de diamètre pour brûler, il faut au moins le double, c'eſt-à-dire, deux cents quatre-vingt-huit fois cette ſurface pour brûler à un foyer de deux lignes; & qu'à un foyer de 6 pouces il ne faut pas trente fois cette même ſurface du foyer pour brûler, ce qui fait comme l'on voit une prodigieuſe différence & ſur laquelle j'ai compté lorſque j'ai entrepris de faire mon miroir, ſans cela il y auroit eu de la témérité à l'entreprendre & il n'auroit pas réuſſi. Car ſuppoſons un inſtant que je n'euſſe pas eu cette connoiſſance de l'avantage des grands foyers ſur les petits; voici comme

j'aurois été obligé de raiſonner. Puiſqu'il faut à un miroir deux cents quatre-vingt-huit fois la ſurface du foyer pour brûler dans un eſpace de deux lignes, il faudra de même deux cents quatre-vingt-huit glaces ou miroirs de 6 pouces pour brûler dans un eſpace de 6 pouces; & dès-lors, pour brûler ſeulement à 100 pieds, il auroit fallu un miroir compoſé d'environ onze cents cinquante-deux glaces de 6 pouces, ce qui étoit une grandeur énorme pour un petit effet, & cela étoit plus que ſuffiſant pour me faire abandonner mon projet; mais connoiſſant l'avantage conſidérable des grands foyers ſur les petits, qui dans ce cas eſt de 288 à 30, je ſentis qu'avec cent vingt glaces de 6 pouces je brûlerois très-certainement à 100 pieds, & c'eſt ſur cela que j'entrepris avec confiance la conſtruction de mon miroir qui, comme l'on voit, ſuppoſe une théorie tant mathématique que phyſique, fort différente de ce qu'on pouvoit imaginer au premier coup d'œil.

Deſcartes ne devoit donc pas affirmer qu'un petit miroir ardent brûloit auſſi violemment qu'un grand.

Il dit ensuite, « & un miroir ardent » dont le diamètre n'est pas plus grand » qu'environ la centième partie de la » distance qui est entre lui & le lieu où » il doit rassembler les rayons du Soleil; » c'est-à-dire, qui a même proportion » avec cette distance qu'a le diamètre du » Soleil avec celle qui est entre lui & » nous, fût-il poli par un Ange, ne » peut faire que les rayons qu'il assemble, » échauffent plus en l'endroit où il les » assemble que ceux qui viennent direc- » tement du Soleil, ce qui se doit aussi » entendre des verres brûlans à propor- » tion; d'où vous pouvez voir que ceux » qui ne sont qu'à demi-savans en l'Op- » tique, se laissent persuader beaucoup » de choses qui sont impossibles, & que » ces miroirs, dont on a dit qu'Archimède » brûloit des navires de fort loin, devoient » être extrêmement grands ou plutôt qu'ils sont fabuleux. »

C'est ici où je bornerai mes réflexions: si notre illustre Philosophe eût su que les grands foyers brûlent plus que les petits à égale intensité de lumière, il auroit jugé bien différemment, & il

auroit mis une forte reſtriction à cette concluſion.

Mais indépendamment de cette connoiſſance qui lui manquoit, ſon raiſonnement n'eſt point du tout exact; car un miroir ardent, dont le diamètre n'eſt pas plus grand qu'environ la centième partie qui eſt entre lui & le lieu où il doit raſſembler les rayons, n'eſt plus un miroir ardent, puiſque le diamètre de l'image eſt environ égal au diamètre du miroir dans ce cas, & par conſéquent il ne peut raſſembler les rayons, comme le dit Deſcartes, qui ſemble n'avoir pas vu qu'on doit réduire ce cas à celui des miroirs plans. Mais de plus, en n'employant que ce qu'il ſavoit, & ce qu'il avoit prévu, il eſt viſible que s'il eût réfléchi ſur l'effet de ce prétendu miroir qu'il ſuppoſe poli par un Ange, & qui ne doit pas raſſembler, mais ſeulement réfléchir la lumière avec autant de force qu'elle en a en venant directement du Soleil; il auroit vu qu'il étoit poſſible de brûler à de grandes diſtances avec un miroir de médiocre grandeur, s'il eût pu lui donner la figure convenable, car il auroit trouvé que dans cette hypothèſe,

un miroir de cinq pieds auroit brûlé à plus de deux cents pieds, parce qu'il ne faut pas ſix fois la chaleur du Soleil pour brûler à cette diſtance; & de même qu'un miroir de ſept pieds auroit brûlé à près de 400 pieds, ce qui ne fait pas des miroirs aſſez grands pour qu'on puiſſe les traiter de fabuleux.

Il me reſte à obſerver que Deſcartes ignoroit combien il falloit de fois la lumière du Soleil pour brûler, qu'il ne dit pas un mot des miroirs plans, qu'il étoit fort éloigné de ſoupçonner la mécanique par laquelle on pouvoit les diſpoſer pour brûler au loin, & que par conſéquent il a prononcé ſans avoir aſſez de connoiſſance ſur cette matière & même ſans avoir fait aſſez de réflexions ſur ce qu'il en ſavoit.

Au reſte je ne ſuis pas le premier qui ait fait quelques reproches à Deſcartes ſur ce ſujet, quoique j'en aie acquis le droit plus qu'un autre, car pour ne pas ſortir du ſein de cette Compagnie *(a)*, je trouve que M. du Fay en a preſque dit

---

(a) L'Académie Royale des Sciences,

autant que moi. Voici ses paroles : *Il ne s'agit pas,* dit-il, *si un tel miroir qui brûleroit à 600 pieds est possible ou non, mais si, physiquement parlant, cela peut arriver. Cette opinion a été extrêmement contredite, & je dois mettre Descartes à la tête de ceux qui l'ont combattue.* Mais quoique M. du Fay regardât la chose comme impossible à exécuter, il n'a pas laissé de sentir que Descartes avoit eu tort d'en nier la possibilité dans la théorie. J'avouerai volontiers que Descartes a entrevu ce qui arrive aux images réfléchies ou réfractées à différentes distances, & qu'à cet égard sa théorie est peut-être aussi bonne que celle de M. du Fay, que ce dernier n'a pas développée : mais les inductions qu'il en tire sont trop générales & trop vagues, & les dernières conséquences sont fausses ; car si Descartes eût bien compris toute cette matière, au lieu de traiter le miroir d'Archimède de chose impossible & fabuleuse, voici ce qu'il auroit dû conclure de sa propre théorie. Puisqu'un miroir ardent, dont le diamètre n'est pas plus grand que la centième partie de la distance qui est entre le lieu où il doit rassembler

les rayons du Soleil, fût-il poli par un Ange, ne peut faire que les rayons qu'il aſſemble échauffent plus en l'endroit où il les aſſemble que ceux qui viennent directement du Soleil; ce miroir ardent doit être conſidéré comme un miroir plan parfaitement poli, & par conſéquent pour brûler à une grande diſtance, il faut autant de ces miroirs plans qu'il faut de fois la lumière directe du Soleil pour brûler; en ſorte que les miroirs dont on dit qu'Archimède s'eſt ſervi pour brûler des vaiſſeaux de loin, devoient être compoſés de miroirs plans, dont il falloit au moins un nombre égal au nombre de fois qu'il faut la lumière directe du Soleil pour brûler; cette concluſion qui eût été la vraie, ſelon ſes principes, eſt, comme l'on voit, fort différente de celle qu'il a donnée.

On eſt maintenant en état de juger ſi je n'ai pas traité le célèbre Deſcartes avec tous les égards que mérite ſon grand nom, lorſque j'ai dit dans mon Mémoire: *Deſcartes né pour juger & même pour ſurpaſſer Archimède, a prononcé contre lui d'un ton de maître: il a nié la poſſibilité de l'invention, & ſon opinion a prévalu ſur*

es témoignages & la croyance de toute 'antiquité.

Ce que je viens d'expoſer ſuffit pour uſtifier ces termes que l'on m'a reprochés, & peut-être même ſont-ils trop forts, car Archimède étoit un très-grand génie, & orſque j'ai dit que Deſcartes étoit né pour le juger, & même pour le ſurpaſſer, 'ai ſenti qu'il pouvoit bien y avoir un peu de compliment national dans mon expreſſion.

J'aurois encore beaucoup de choſes à dire ſur cette matière, mais comme ceci eſt déjà bien long, quoique j'aie fait tous mes efforts pour être court, je me bornerai pour le fond du ſujet à ce que je viens d'expoſer, mais je ne puis me diſpenſer de parler encore un moment au ſujet de l'hiſtorique de la choſe, afin de ſatisfaire par ce ſeul Mémoire à toutes les objections & difficultés qu'on m'a faites.

Je ne prétends pas prononcer affirmativement qu'Archimède ſe ſoit ſervi de pareils miroirs au ſiége de Syracuſe, ni même que ce ſoit lui qui les ait inventés, & je ne les ai appelés *les miroirs d'Archimède,* que parce qu'ils étoient connus

ſous ce nom depuis pluſieurs ſiècles; les Auteurs contemporains & ceux des temps qui ſuivent celui d'Archimède, & qui ſont parvenus juſqu'à nous, ne font pas mention de ces miroirs. Tite-Live, à qui le merveilleux fait tant de plaiſir à raconter, n'en parle pas; Polybe, à l'exactitude de qui les grandes inventions n'auroient pas échappé, puiſqu'il entre dans le détail des plus petites, & qu'il décrit très-ſoigneuſement les plus légères circonſtances du ſiége de Syracuſe, garde un ſilence profond au ſujet de ces miroirs. Plutarque, ce judicieux & grave Auteur, qui a raſſemblé un ſi grand nombre de faits particuliers de la vie d'Archimède, parle auſſi peu des miroirs que les deux précédens. En voilà plus qu'il n'en faut pour ſe croire fondé à douter de la vérité de cette hiſtoire; cependant ce ne ſont ici que des témoignages négatifs, & quoiqu'ils ne ſoient pas indifférens, ils ne peuvent jamais donner une probabilité équivalente à celle d'un ſeul témoignage poſitif.

Galien qui vivoit dans le ſecond ſiècle, eſt le premier qui en ait parlé, & après avoir raconté l'hiſtoire d'un homme qui

enflamma de loin un monceau de bois résineux, mêlé avec de la fiente de pigeon, il dit, que c'est de cette façon qu'Archimède brûla les vaisseaux des Romains; mais comme il ne décrit pas ce moyen de brûler de loin, & que son expression peut signifier aussi-bien un feu qu'on auroit lancé à la main, ou par quelque machine, qu'une lumière réfléchie par un miroir, son témoignage n'est pas assez clair pour qu'on puisse en rien conclure d'affirmatif: cependant on doit présumer, & même avec une grande probabilité, qu'il ne rapporte l'histoire de cet homme qui brûla au loin, que parce qu'il le fit d'une manière singulière, & que s'il n'eût brûlé qu'en lançant le feu à la main, ou en le jetant par le moyen d'une machine, il n'y auroit eu rien d'extraordinaire dans cette façon d'enflammer; rien par conséquent qui fût digne de remarque, & qui méritât d'être rapporté & comparé à ce qu'avoit fait Archimède, & dès-lors Galien n'en eût pas fait mention.

On a aussi des témoignages semblables de deux ou trois autres Auteurs du IIIe siècle, qui disent seulement qu'Archimède

brûla de loin les vaisseaux des Romains sans expliquer les moyens dont il se servit; mais les témoignages des Auteurs du XII. siècle ne sont point équivoques, & surtout ceux de Zonaras & de Tzetzès qu j'ai cités, c'est-à-dire, ils nous font voi clairement que cette invention étoit connu des Anciens, car la description qu'en fa ce dernier Auteur, suppose nécessairemen ou qu'il eût trouvé lui-même le moye de construire ces miroirs, ou qu'il l'eû appris & cité d'après quelque Auteur qu en avoit fait une très-exacte description & que l'inventeur, quel qu'il fût, entendo à fond la théorie de ces miroirs, ce qu résulte de ce que dit Tzetzès de la figur de 24 angles ou 24 côtés qu'avoient le petits miroirs, ce qui est en effet la figur la plus avantageuse: ainsi on ne peut pa douter que ces miroirs n'aient été invente & exécutés autrefois, & le témoignag de Zonaras au sujet de Proclus n'est pa suspect, *Proclus s'en servit,* dit-il, *au siég de Constantinople, l'an 514, & il brûl la flotte de Vitalien.* Et même ce qu Zonaras ajoute me paroît une espèce d preuve, qu'Archimède étoit le premie

ıventeur de ces miroirs, car il dit récifément que cette découverte étoit ıcienne, & que l'hiftorien Dion en attriue l'honneur à Archimède qui la fit & en fervit contre les Romains au fiége e Syracufe; les Livres de Dion, où il ft parlé du fiége de Syracufe, ne font as parvenus jufqu'à nous, mais il y a rande apparence qu'ils exiftoient encore u temps de Zonaras, & que fans cela il e les eût pas cités comme il l'a fait. ınfi toutes les probabilités de part & 'autre étant évaluées, il refte une forte réfomption qu'Archimède avoit en effet ıventé ces miroirs, & qu'il s'en étoit ːrvi contre les Romains. Feu M. Melot, ue j'ai cité dans mon Mémoire, & qui voit fait des recherches particulières & ès-exactes fur ce fujet, étoit de ce ːntiment, & il penfoit qu'Archimède voit en effet brûlé les vaiffeaux à une difınce médiocre, & comme le dit Tzetzès, la portée du trait; j'ai évalué la portée u trait à 150 pieds, d'après ce que ı'en ont dit des Savans très-verfés dans ı connoiffance des ufages anciens, ils ı'ont affuré que toutes les fois qu'il eft

queſtion, dans les Auteurs, de la porté du trait, on doit entendre la diſtance laquelle un homme lançoit à la main u: trait ou un javelot, & ſi cela eſt, j crois avoir donné à cette diſtance tout l'étendue qu'elle peut comporter.

J'ajouterai qu'il n'eſt queſtion dan aucun Auteur ancien, d'une plus grand diſtance, comme de trois ſtades, & j'a déjà dit que l'Auteur qu'on m'avoit cité Diodore de Sicile, n'en parle pas, no plus que du ſiége de Syracuſe, & qu ce qui nous reſte de cet Auteur, fin à la guerre d'Ipſus & d'Antigonus environ ſoixante ans avant le ſiége d Syracuſe; ainſi on ne peut pas excuſe Deſcartes, en ſuppoſant qu'il a cru qu la diſtance à laquelle on a prétendu qu'Ar chimède avoit brûlé, étoit très-grande comme, par exemple, de trois ſtades puiſque cela n'eſt dit dans aucun Auteu ancien, & qu'au contraire il eſt dit dar Tzetzès, que cette diſtance n'étoit qu de la portée du trait; mais je ſuis con vaincu que c'eſt cette même diſtance qu Deſcartes a regardée comme fort grand & qu'il étoit perſuadé qu'il n'étoit pa

offible de faire des miroirs pour brûler
150 pieds, qu'enfin c'eft pour cette
ifon qu'il a traité ceux d'Archimède de
buleux.

Au refte, les effets du miroir que j'ai
onftruit ne doivent être regardés que
omme des effais fur lefquels à la vérité,
n peut ftatuer toutes proportions gar-
ées, mais qu'on ne doit pas confidérer
omme les plus grands effets poffibles,
ır je fuis convaincu que fi on vouloit
ire un miroir femblable, avec toutes les
tentions néceffaires, il produiroit plus
u double de l'effet; la première atten-
on feroit de prendre des glaces de figure
exagone ou même de 24 côtés, au lieu
e les prendre barlongues, comme celles
ue j'ai employées, & cela afin d'avoir
es figures qui puffent s'ajufter enfemble
ns laiffer de grands intervalles, & qui
pprochaffent en même temps de la figure
irculaire; la feconde, feroit de faire polir
es glaces jufqu'au dernier degré par un
unetier, au lieu de les employer telles
u'elles fortent de la manufacture, où le
oliment fe faifant par une portion de
ercle, les glaces font toujours un peu

concaves & irrégulières ; la troiſième attention ſeroit de choiſir parmi un grand nombre de glaces, celles qui donneroient à une grande diſtance une image plus vive & mieux terminée, ce qui eſt extrêmement important, & au point qu'il y a dans mon miroir des glaces qui ſont ſeules trois fois plus d'effet que d'autres à une grande diſtance, quoiqu'à une petite diſtance, comme de 20 ou 25 pieds, l'effet en paroiſſe abſolument le même. Quatrièmement, il faudroit des glaces d'un demi-pied tout au plus de ſurface pour brûler à 150 ou 200 pieds & d'un pied de ſurface pour brûler à 3 ou 400 pieds. Cinquièmement, il faudroi les faire étamer avec plus de ſoin qu'on ne le fait ordinairement ; j'ai remarqué qu'en général les glaces fraîchement étamées, réfléchiſſent plus de lumière que celles qui le ſont anciennement ; l'étamage en ſe ſéchant, ſe gerſe, ſe diviſe & laiſſe de petits intervalles qu'on aperçoit en y regardant de près avec une loupe, & ces petits intervalles donnant paſſage à la lumière, la glace en réfléchit d'autant moins. On pourroit trouver le moyen de fair

faire un meilleur étamage, & je crois qu'on y parviendroit en employant de l'or & du vif-argent, la lumière seroit peut-être un peu jaune par la réflexion de cet étamage; mais bien loin que cela fit un désavantage, j'imagine au contraire qu'il y auroit à gagner, parce que les rayons jaunes sont ceux qui ébranlent le plus fortement la rétine & qui brûlent le plus violemment, comme je crois m'en être assuré, en réunissant, au moyen d'un verre lenticulaire, une quantité de rayons jaunes qui m'étoient fournis par un grand prisme, & en comparant leur action avec une égale quantité de rayons de toute autre couleur, réunis par le même verre lenticulaire, & fournis par le même prisme.

Sixièmement, il faudroit un chassis de fer & des vis de cuivre, & un ressort pour assujettir chacune des petites planches qui portent les glaces, tout cela conforme à un modèle que j'ai fait exécuter par le sieur Chopitel, afin que la sécheresse & l'humidité qui agissent sur le chassis & les vis en bois ne causassent pas d'inconvénient, & que le foyer, lorsqu'il est une fois formé, ne fût pas sujet à s'élargir,

& à se déranger lorsqu'on fait rouler le miroir sur son pivot, ou qu'on le fait tourner autour de son axe pour suivre le Soleil : il faudroit aussi y ajouter une alidade avec deux pinnules au milieu de la partie inférieure du chassis, afin de s'assurer de la position du miroir par rapport au Soleil, & une autre alidade semblable, mais dans un plan vertical au plan de la première pour suivre le Soleil à ses différentes hauteurs.

Au moyen de toutes ces attentions, je crois pouvoir assurer, par l'expérience que j'ai acquise en me servant de mon miroir, qu'on pourroit en réduire la grandeur à moitié, & qu'au lieu d'un miroir de sept pieds avec lequel j'ai brûlé du bois à 150 pieds, on produiroit le même effet avec un miroir de cinq pieds $\frac{1}{2}$, ce qui n'est, comme l'on voit, qu'une très-médiocre grandeur pour un très-grand effet; & de même, je crois pouvoir assurer qu'il ne faudroit alors qu'un miroir de quatre pieds $\frac{1}{2}$ pour brûler à 100 pieds, & qu'un miroir de trois pieds $\frac{1}{2}$ brûleroit à 60 pieds, ce qui est une distance bien considérable en comparaison du diamètre du miroir.

Avec un aſſemblage de petits miroirs plans hexagones & d'acier poli, qui auroient plus de ſolidité, plus de durée que les glaces étamées, & qui ne ſeroient point ſujets aux altérations que la lumière du Soleil fait ſubir à la longue à l'étamage, on pourroit produire des effets très-utiles, & qui dédommageroient amplement des dépenſes de la conſtruction du miroir.

1.° Pour toutes les évaporations des eaux ſalées, où l'on eſt obligé de conſommer du bois & du charbon, ou d'employer l'art des bâtimens de graduation qui coûtent beaucoup plus que la conſtruction de pluſieurs miroirs tels que je les propoſe. Il ne faudroit pour l'évaporation des eaux ſalées, qu'un aſſemblage de douze miroirs plans d'un pied quarré chacun; la chaleur qu'ils réfléchiront à leur foyer, quoique dirigée au-deſſous de leur niveau, & à 15 ou 16 pieds de diſtance, ſera encore aſſez grande pour faire bouillir l'eau, & produire par conſéquent une prompte évaporation, car la chaleur de l'eau bouillante n'eſt que triple de la chaleur du Soleil d'été; & comme la réflexion d'une

ſurface plane bien polie ne diminue la chaleur que de moitié, il ne faudroit que ſix miroirs pour produire au foyer une chaleur égale à celle de l'eau bouillante, mais j'en double le nombre afin que la chaleur ſe communique plus vîte, & auſſi à cauſe de la perte occaſionnée par l'obliquité, ſous laquelle le faiſceau de la lumière tombe ſur la ſurface de l'eau qu'on veut faire évaporer, & encore parce que l'eau ſalée s'échauffe plus lentement que l'eau douce. Ce miroir dont l'aſſemblage ne formeroit qu'un quarré de quatre pieds de largeur ſur trois de hauteur, ſeroit aiſé à manier & à tranſporter; & ſi l'on vouloit en doubler ou tripler les effets dans le même temps, il vaudroit mieux faire pluſieurs miroirs ſemblables, c'eſt-à-dire, doubler ou tripler le nombre de ces mêmes miroirs de quatre pieds ſur trois que d'en augmenter l'étendue; car l'eau ne peut recevoir qu'un certain degré de chaleur déterminée, & l'on ne gagneroit preſque rien à augmenter ce degré & par conſéquent la grandeur du miroir; au lieu qu'en faiſant deux foyers par deux miroirs égaux, on

doublera l'effet de l'évaporation, & on le triplera par trois miroirs dont les foyers tomberont séparément les uns des autres sur la surface de l'eau qu'on veut faire évaporer. Au reste, l'on ne peut éviter la perte causée par l'obliquité, & si l'on veut y remédier, ce ne peut être que par une autre perte encore plus grande, en recevant d'abord les rayons du Soleil sur une grande glace qui les réfléchiroit sur le miroir brisé, car alors il brûleroit en bas au lieu de brûler en haut, mais il perdroit moitié de la chaleur par la première réflexion, & moitié du reste par la seconde, en sorte qu'au lieu de six petits miroirs, il en faudroit douze pour obtenir une chaleur égale à celle de l'eau bouillante.

Pour que l'évaporation se fasse avec plus de succès, il faudra diminuer l'épaisseur de l'eau autant qu'il sera possible. Une masse d'eau d'un pied d'épaisseur ne s'évaporera pas aussi vîte, à beaucoup près, que la même masse réduite à six pouces d'épaisseur & augmentée du double en superficie. D'ailleurs le fond étant plus près de la surface, il s'échauffe plus

promptement, & cette chaleur que reçoit le fond du vaiſſeau contribue encore à la célérité de l'évaporation.

2.° On pourra ſe ſervir avec avantage de ces miroirs pour calciner les plâtres & même les pierres calcaires, mais il les faudroit plus grands, & placer les matières en haut afin de ne rien perdre par l'obliquité de la lumière. On a vu par les expériences détaillées dans le ſecond de ces Mémoires, que le gyps s'échauffe plus d'une fois plus vîte que la pierre calcaire tendre, & près de deux fois plus vîte que le marbre ou la pierre calcaire dure, leur calcination reſpective doit être en même raiſon. J'ai trouvé par une expérience répétée trois fois, qu'il faut un peu plus de chaleur pour calciner le gyps blanc qu'on appelle *albâtre*, que pour fondre le plomb. Or la chaleur néceſſaire pour fondre le plomb, eſt ſuivant les expériences de Newton, huit fois plus grande que la chaleur du Soleil d'été, il faudroit donc au moins ſeize petits miroirs pour calciner le gyps, & à cauſe des pertes occaſionnées, tant par l'obliquité de la lumière que par l'irrégularité

du foyer, qu'on n'éloignera pas au-delà de quinze pieds, je présume qu'il faudroit vingt & peut-être vingt-quatre miroirs d'un pied quarré chacun, pour calciner le gyps en peu de temps : par conséquent il faudroit un assemblage de quarante-huit de ces petits miroirs pour opérer la calcination sur la pierre calcaire la plus tendre, & soixante-douze des mêmes miroirs d'un pied en quarré pour calciner les pierres calcaires dures. Or un miroir de douze pieds de largeur sur six pieds de hauteur, ne laisse pas d'être une grosse machine embarrassante & difficile à mouvoir, à monter & à maintenir. Cependant on viendroit à bout de ces difficultés, si le produit de la calcination étoit assez considérable pour équivaloir & même surpasser la dépense de la consommation du bois; il faudroit pour s'en assurer, commencer par calciner le plâtre avec un miroir de vingt-quatre pièces, & si cela réussissoit, faire deux autres miroirs pareils, au lieu d'en faire un grand de soixante-douze pièces; car en faisant coïncider les foyers de ces trois miroirs de vingt-quatre pièces, on produira une chaleur égale, &

qui feroit affez forte pour calciner le marbre ou la pierre dure.

Mais une chofe très-effentielle refte douteufe, c'eft de favoir combien il faudroit de temps pour calciner, par exemple, un pied cube de matière, fur-tout fi ce pied cube n'étoit frappé de chaleur que par une face ! je vois qu'il fe pafferoit du temps avant que la chaleur n'eût pénétré toute fon épaiffeur, je vois que pendant tout ce temps, il s'en perdroit une affez grande partie qui fortiroit de ce bloc de matière après y être entrée ; je crains donc beaucoup que la pierre n'étant pas faifie par la chaleur de tous les côtés à la fois, la calcination ne fût très-lente, & le produit en chaux très-petit. L'expérience feule peut ici décider ; mais il faudroit au moins la tenter fur les matières gypfeufes dont la calcination doit être une fois plus prompte que celle des pierres calcaires *(f)*.

(f) Il vient de paroître un petit Ouvrage rempli de grandes vues, de M. l'Abbé Scipion Bexon, qui a pour titre : *Syftème de la fertilifation.* Il propofe mes miroirs comme un moyen facile pour réduire en chaux toutes les matières; mais il leur attribue

En concentrant cette chaleur du Soleil dans un four qui n'auroit d'autre ouverture que celle qui laiſſeroit entrer la lumière, on empêcheroit en grande partie la chaleur de s'évaporer, & en mêlant avec les pierres calcaires une petite quantité de braſque ou poudre de charbon qui de toutes les matières combuſtibles eſt la moins chère; cette légère quantité d'alimens ſuffiroit pour nourrir & augmenter de beaucoup la quantité de chaleur, ce qui produiroit une plus ample & plus prompte calcination, & à très-peu de frais, comme on l'a vu par la ſeconde expérience du quatrième Mémoire.

3.° Ces miroirs d'Archimède peuvent ſervir en effet à mettre le feu dans des voiles de vaiſſeaux, & même dans le bois goudronné à plus de 150 pieds de diſtance; on pourroit s'en ſervir auſſi contre ſes ennemis en brûlant les blés & les autres productions de la terre; cet effet qui ſeroit aſſez prompt, ſeroit

plus de puiſſance qu'ils n'en ont réellement, & ce n'eſt qu'en les multipliant qu'on pourroit obtenir les grands effets qu'il s'en promet.

très-dommageable, mais ne nous occupons pas des moyens de faire du mal, & ne penſons qu'à ceux qui peuvent procurer quelque bien à l'humanité.

4.° Ces miroirs fourniſſent le ſeul & unique moyen qu'il y ait de meſurer exactement la chaleur, il eſt évident que deux miroirs dont les images lumineuſes ſe réuniſſent, produiſent une chaleur double dans tous les points de la ſurface qu'elles occupent; que trois, quatre, cinq, &c. miroirs donneront de même une chaleur triple, quadruple, quintuple, &c. & que par conſéquent on peut par ce moyen faire un thermomètre dont les diviſions ne ſeront point arbitraires, & les échelles différentes, comme le ſont celles de tous les thermomètres dont on s'eſt ſervi juſqu'à ce jour. La ſeule choſe arbitraire qui entreroit dans la conſtruction de ce thermomètre, ſeroit la ſuppoſition du nombre total des parties du mercure en partant du degré du froid abſolu; mais en le prenant à 10000 au-deſſous de la congélation de l'eau, au lieu de 1000, comme dans nos thermomètres ordinaires, on approcheroit beaucoup de

la réalité, ſur-tout en choiſiſſant les jours de l'hiver les plus froids pour graduer le thermomètre; chaque image du Soleil lui donneroit un degré de chaleur au-deſſus de la température que nous ſuppoſerons à celui de la glace. Le point auquel s'éleveroit le mercure par la chaleur de la première image du Soleil, ſeroit marqué 1. Le point où il s'éleveroit par la chaleur de deux images égales & réunies, ſera marqué 2. Celui où trois images le feront monter, ſera marqué 3, & ainſi de ſuite juſqu'à la plus grande hauteur qu'on pourroit étendre juſqu'au degré 36. On auroit à ce degré une augmentation de chaleur trente-ſix fois plus grande que celle du premier degré; dix-huit fois plus grande que celle du ſecond; douze fois plus grande que celle du troiſième; neuf fois plus grande que celle du quatrième, &c. cette augmentation 36 de chaleur au-deſſus de celle de la glace ſeroit aſſez grande pour fondre le plomb, & il y a toute apparence que le mercure qui ſe volatiliſe à une bien moindre chaleur, feroit par ſa vapeur caſſer le thermomètre. On ne pourra donc étendre la diviſion

que jusqu'à 12, & peut-être même à 9 degrés si l'on se sert du mercure pour ces thermomètres; & l'on n'aura par ce moyen que les degrés d'une augmentation de chaleur jusqu'à 9. C'est une des raisons qui avoit déterminé Newton à se servir d'huile de lin au lieu de mercure, & en effet on pourra, en se servant de cette liqueur, étendre la division non-seulement à 12 degrés, mais jusqu'au point de cette huile bouillante. Je ne propose pas de remplir ces thermomètres avec de l'esprit-de-vin coloré; il est universellement reconnu que cette liqueur se décompose au bout d'un assez petit temps *(g)*, & que d'ailleurs elle ne peut servir aux expériences d'une chaleur un peu forte.

Lorsqu'on aura marqué sur l'échelle de ces thermomètres remplis d'huile ou de mercure, les premières divisions 1, 2, 3, 4, &c. qui indiqueront le double,

---

(g) Plusieurs Voyageurs m'ont écrit que les Thermomètres à l'esprit-de-vin de Reaumur, leur étoient devenus tout-à-fait inutiles, parce que cette liqueur se décolore & se charge d'une espèce de boue en assez peu de temps.

le triple, le quadruple, &c. des augmentations de la chaleur, il faudra chercher les parties aliquotes de chaque diviſion, par exemple, les points de 1 $\frac{1}{4}$, 2 $\frac{1}{4}$, 3 $\frac{1}{4}$, &c. ou de 1 $\frac{1}{2}$, 2 $\frac{1}{2}$, 3 $\frac{1}{2}$, &c. & de 1 $\frac{3}{4}$, 2 $\frac{3}{4}$, 3 $\frac{3}{4}$, &c. ce que l'on obtiendra par un moyen facile, qui ſera de couvrir la moitié, ou le quart, ou les trois quarts de la ſuperficie d'un des petits miroirs, car alors l'image qu'il réfléchira, ne contiendra que le quart, la moitié ou les trois quarts de la chaleur que contient l'image entière; & par conſéquent les diviſions des parties aliquotes ſeront auſſi exactes que celles des nombres entiers.

Si l'on réuſſit une fois à faire ce thermomètre réel, & que j'appelle ainſi, parce qu'il marqueroit réellement la proportion de la chaleur, tous les autres thermomètres, dont les échelles ſont arbitraires & différentes entr'elles, deviendroient non-ſeulement ſuperflus, mais même nuiſibles, dans bien des cas, à la préciſion des vérités phyſiques qu'on cherche par leur moyen. On peut ſe rappeler l'exemple que j'en ai donné, en parlant de l'eſtimation de la chaleur qui émane du globe

de la Terre, comparée à la chaleur qui nous vient du Soleil.

5.° Au moyen de ces miroirs brisés, on pourra aisément recueillir dans leur entière pureté, les parties volatiles de l'or & de l'argent, & des autres métaux & minéraux; car en exposant au large foyer de ces miroirs une grande plaque de métal, comme une assiette ou un plat d'argent, on en verra sortir une fumée très-abondante pendant un temps considérable, jusqu'au moment où le métal tombe en fusion, & en ne donnant qu'une chaleur un peu moindre que celle qu'exige la fusion, on fera évaporer le métal au point d'en diminuer le poids assez considérablement. Je me suis assuré de ce premier fait, qui peut fournir des lumières sur la composition intime des métaux: j'aurois bien desiré recueillir cette vapeur abondante que le feu pur du Soleil fait sortir du métal; mais je n'avois pas les instrumens nécessaires, & je ne puis que recommander aux Chimistes & aux Physiciens, de suivre cette expérience importante, dont les résultats seroient d'autant moins équivoques que la vapeur métallique

eſt ici très-pure; au lieu que dans toute opération ſemblable qu'on voudroit faire avec le feu commun, la vapeur métallique ſeroit néceſſairement mêlée d'autres vapeurs provenant des matières combuſtibles qui ſervent d'aliment à ce feu.

D'ailleurs ce moyen eſt peut-être le ſeul que nous ayons pour volatiliſer les métaux fixes, tels que l'or & l'argent; car je préſume que cette vapeur que j'ai vu s'élever en ſi grande quantité de ces métaux échauffés au large foyer de mon miroir, n'eſt pas de l'eau ni quelqu'autre liqueur, mais des parties mêmes du métal que la chaleur en détache en les volatiliſant. On pourroit en recevant ainſi les vapeurs pures des différens métaux les mêler enſemble, & faire par ce moyen des alliages plus intimes & plus purs qu'on ne l'a fait par la fuſion & par la mixtion de ces mêmes métaux fondus, qui ne ſe marient jamais parfaitement à cauſe de l'inégalité de leur peſanteur ſpécifique, & de pluſieurs autres circonſtances qui s'oppoſent à l'intimité & à l'égalité parfaite du mélange. Comme les parties conſtituantes de ces vapeurs

métalliques ſont dans un état de diviſion bien plus grande que dans l'état de fuſion, elles ſe joindroient & ſe réuniroient de bien plus près & plus facilement. Enfin on arriveroit peut-être par ce moyen à la connoiſſance d'un fait général, & que pluſieurs bonnes raiſons me font ſoupçonner depuis long-temps, c'eſt qu'il y auroit pénétration dans tous les alliages faits de cette manière, & que leur peſanteur ſpécifique ſeroit toujours plus grande que la ſomme des peſanteurs ſpécifiques des matières dont ils ſeroient compoſés; car la pénétration n'eſt qu'un degré plus grand d'intimité, & l'intimité, toutes choſes égales d'ailleurs, ſera d'autant plus grande que les matières ſeront dans un état de diviſion plus parfaite.

En réfléchiſſant ſur l'appareil des vaiſſeaux qu'il faudroit employer pour recevoir & recueillir ces vapeurs métalliques, il m'eſt venu une idée qui me paroît trop utile pour ne la pas publier; elle eſt auſſi trop aiſée à réaliſer, pour que les bons Chimiſtes ne la ſaiſiſſent pas. Je l'ai même communiquée à quelques-uns d'entr'eux qui m'en ont paru très-ſatisfaits.

Cette idée eſt de geler le mercure dans ce climat-ci & avec un degré de froid beaucoup moindre que celui des expériences de Péterſbourg ou de Sibérie : il ne faut pour cela que recevoir la vapeur du mercure, qui eſt le mercure même volatiliſé par une très-médiocre chaleur dans une cucurbite, ou dans un vaſe auquel on donnera un certain degré de froid artificiel ; ce mercure en vapeur, c'eſt-à-dire, extrêmement diviſé, offrira à l'action de ce froid des ſurfaces ſi grandes & des maſſes ſi petites, qu'au lieu de 187 degrés de froid qu'il faut pour geler le mercure en maſſe, il n'en faudroit peut-être que 18 ou 20 degrés, peut-être même moins pour le geler en vapeurs. Je recommande cette expérience importante à tous ceux qui travaillent de bonne foi à l'avancement des Sciences.

Je pourrois ajouter à ces uſages principaux du miroir d'Archimède, pluſieurs autres uſages particuliers ; mais j'ai cru devoir me borner à ceux qui m'ont paru les plus utiles & les moins difficiles à réduire en pratique. Néanmoins je crois devoir joindre ici quelques expériences

que j'ai faites ſur la tranſmiſſion de la lumière à travers les corps tranſparens, & donner en même temps quelques idées nouvelles ſur les moyens d'apercevoir de loin les objets à l'œil ſimple, ou par le moyen d'un miroir ſemblable à celui dont les Anciens ont parlé, par l'effet duquel on apercevoit du port d'Alexandrie les vaiſſeaux d'auſſi loin que la courbure de la Terre pouvoit le permettre.

Tous les Phyſiciens ſavent aujourd'hui qu'il y a trois cauſes qui empêchent la lumière de ſe réunir dans un point lorſque ſes rayons ont traverſé le verre objectif d'une lunette ordinaire. La première eſt la courbure ſphérique de ce verre qui répand une partie des rayons dans un eſpace terminé par une courbe. La ſeconde, eſt l'angle ſous lequel nous paroît à l'œil ſimple l'objet que nous obſervons; car la largeur du foyer de l'objectif a toujours à très-peu près pour diamètre une ligne égale à la corde de l'arc qui meſure cet angle. La troiſième, eſt la différente réfrangibilité de la lumière; car les rayons les plus réfrangibles ne ſe raſſemblent pas dans le même lieu où

ſe raſſemblent les rayons les moins réfrangibles.

On peut remédier à l'effet de la première cauſe, en ſubſtituant, comme Deſcartes l'a propoſé, des verres elliptiques ou hyperboliques aux verres ſphériques. On remédie à l'effet de la ſeconde par le moyen d'un ſecond verre placé au foyer de l'objectif, dont le diamètre eſt à peu-près égal à la largeur de ce foyer, & dont la ſurface eſt travaillée ſur une ſphère d'un rayon fort court. On a trouvé de nos jours le moyen de remédier à la troiſième, en faiſant des lunettes qu'on appelle *achromatiques*, & qui ſont compoſées de deux ſortes de verres qui diſperſent différemment les rayons colorés, de manière que la diſperſion de l'un eſt corrigée par la diſperſion de l'autre, ſans que la réfraction générale moyenne, qui conſtitue la lunette, ſoit anéantie. Une lunette de 3 pieds $\frac{1}{2}$ de longueur faite ſur ce principe, équivaut pour l'effet aux anciennes lunettes de 25 pieds de longueur.

Au reſte, le remède à l'effet de la première cauſe, eſt demeuré tout-à-fait inutile juſqu'à ce jour, parce que l'effet

de la dernière étant beaucoup plus considérable, influe si fort sur l'effet total qu'on ne pouvoit rien gagner à substituer des verres hyperboliques ou elliptiques à des verres sphériques, & que cette substitution ne pouvoit devenir avantageuse que dans le cas où l'on pourroit trouver le moyen de corriger l'effet de la différente réfrangibilité des rayons de la lumière; il semble donc qu'aujourd'hui l'on feroit bien de combiner les deux moyens, & de substituer dans les lunettes achromatiques des verres elliptiques aux sphériques.

Pour rendre ceci plus sensible, supposons que l'objet qu'on observe soit un point lumineux sans étendue, telle qu'est une étoile fixe par rapport à nous; il est certain qu'avec un objectif, par exemple, de 30 pieds de foyer, toutes les images de ce point lumineux, s'étendront en forme de courbe au foyer de ce verre s'il est travaillé sur une sphère, & qu'au contraire elles se réuniront en un point si ce verre est hyperbolique; mais si l'objet qu'on observe a une certaine étendue, comme la Lune qui occupe environ un demi-degré d'espace à nos yeux, alors

l'image de cet objet occupera un eſpace d'environ trois pouces de diamètre au foyer de l'objectif de 30 pieds, & l'aberration cauſée par la ſphéricité produiſant une confuſion dans un point lumineux quelconque, elle la produit de même ſur tous les points lumineux du diſque de la Lune, & par conſéquent la défigure en entier. Il y auroit donc dans tous les cas beaucoup d'avantage à ſe ſervir de verres elliptiques ou hyperboliques pour de longues lunettes, puiſqu'on a trouvé le moyen de corriger en grande partie le mauvais effet produit par la différente réfrangibilité des rayons.

Il ſuit de ce que nous venons de dire, que ſi l'on veut faire une lunette de 30 pieds pour obſerver la Lune & la voir en entier, le verre oculaire doit avoir au moins 3 pouces de diamètre pour recueillir l'image entière que produit l'objectif à ſon foyer, & que ſi on vouloit obſerver cet aſtre avec une lunette de 60 pieds, l'oculaire doit avoir au moins ſix pouces de diamètre, parce que la corde de l'arc qui meſure l'angle ſous lequel nous paroît la Lune, eſt dans ce cas de trois pouces

& de six pouces à peu-près; aussi les Astronomes ne font jamais usage de lunettes qui renferment le disque entier de la Lune, parce qu'elles grossiroient trop peu : mais si on veut observer Vénus avec une lunette de 60 pieds, comme l'angle sous lequel elle nous paroît n'est que d'environ 60 secondes, le verre oculaire pourra n'avoir que 4 lignes de diamètre, & si on se sert d'un objectif de 120 pieds, un oculaire de 8 lignes de diamètre suffiroit pour réunir l'image entière que l'objectif forme à son foyer.

De-là on voit que quand même les rayons de lumière seroient également réfrangibles, on ne pourroit pas faire d'aussi fortes lunettes pour voir la Lune en entier que pour voir les autres planètes, & que plus une planète est petite à nos yeux, & plus nous pouvons augmenter la longueur de la lunette avec laquelle on peut la voir en entier. Dès-lors on conçoit bien que dans cette même supposition des rayons également réfrangibles, il doit y avoir une certaine longueur déterminée plus avantageuse qu'aucune autre pour telle ou telle planète, & que

ette longueur de la lunette dépend non-seulement de l'angle sous lequel la planète paroît à notre œil, mais encore de la quantité de lumière dont elle est éclairée.

Dans les lunettes ordinaires, les rayons de la lumière étant différemment réfrangibles, tout ce qu'on pourroit faire dans cette vue pour les perfectionner ne seroit pas fort avantageux, parce que sous quelqu'angle que paroisse à notre œil l'objet ou l'astre que nous voulons observer, & quelque intensité de lumière qu'il puisse avoir, les rayons ne se rassembleront jamais dans le même endroit; plus la lunette sera longue, plus il y aura d'intervalle *(h)* entre le foyer des rayons rouges & celui des rayons violets, & par conséquent plus sera confuse l'image de l'objet observé.

On ne peut donc perfectionner les lunettes par réfraction qu'en cherchant, comme on l'a fait, les moyens de corriger cet effet de la différente réfrangibilité, soit en composant la lunette de verres de différente

---

(h) Cet intervalle est d'un pied sur 27 de foyer.

denſité, ſoit par d'autres moyens particuliers, & qui ſeroient différens ſelon les différens objets & les différentes circonſtances : ſuppoſons, par exemple, une courte lunette compoſée de deux verres, l'un convexe & l'autre concave des deux côtés, il eſt certain que cette lunette peut ſe réduire à une autre, dont les deux verres ſoient plans d'un côté, & travaillés de l'autre côté ſur des ſphères dont le rayon ſeroit une fois plus court que celui des ſphères ſur leſquelles auroient été travaillés les verres de la première lunette. Maintenant, pour éviter une grande partie de l'effet de la différente réfrangibilité des rayons, on peut faire cette ſeconde lunette d'une ſeule pièce de verre maſſif, comme je l'ai fait exécuter avec deux morceaux de verre blanc, l'un de deux pouces & demi de longueur, & l'autre d'un pouce & demi; mais alors la perte de la tranſparence eſt un plus grand inconvénient que celui de la différente réfrangibilité qu'on corrige par ce moyen; car ces deux petites lunettes maſſives de verre, ſont plus obſcures qu'une petite lunette ordinaire du même verre & des mêmes dimenſions,

elles donnent à la vérité moins d'iris, mais elles n'en sont pas meilleures; & si on les faisoit plus longues, toujours en verre massif, la lumière après avoir traversé cette épaisseur de verre, n'auroit plus assez de force pour peindre l'image de l'objet à notre œil. Ainsi pour faire des lunettes de 10 ou 20 pieds, je ne vois que l'eau qui ait assez de transparence pour laisser passer la lumière sans l'éteindre en entier dans cette grande épaisseur: en employant donc de l'eau pour remplir l'intervalle entre l'objectif & l'oculaire, on diminuera en partie l'effet de la différente réfrangibilité *(i)*, parce que celle de l'eau

---

(i) M. de la Lande, l'un de nos plus savans Astronomes, après avoir lû cet article, a bien voulu me communiquer quelques remarques qui m'ont paru très-justes & dont j'ai profité. Seulement je ne suis pas d'accord avec lui sur ces lunettes remplies d'eau; il croit *qu'on diminueroit très-peu la différente réfrangibilité, parce que l'eau disperse les rayons colorés d'une manière différente du verre, & qu'il y auroit des couleurs qui proviendroient de l'eau & d'autres du verre.* Mais en se servant du verre le moins dense, & en augmentant par les sels la densité de l'eau, on rapprocheroit de très-près leur puissance réfractive.

approche plus de celle du verre que celle de l'air, & ſi on pouvoit, en chargeant l'eau de différens ſels, lui donner le même degré de puiſſance réfringente qu'au verre, il n'eſt pas douteux qu'on ne corrigeât davantage par ce moyen l'effet de la différente réfrangibilité des rayons. Il s'agiroit donc d'employer une liqueur tranſparente qui auroit à peu-près la même puiſſance réfrangible que le verre; car alors il ſera ſûr que les deux verres avec cette liqueur entre-deux, corrigeront en partie l'effet de la différente réfrangibilité des rayons, de la même façon qu'elle eſt corrigée dans la petite lunette maſſive dont je viens de parler.

Suivant les expériences de M. Bouguer, une ligne d'épaiſſeur de verre détruit $\frac{2}{7}$ de la lumière, & par conſéquent la diminution s'en feroit dans la proportion ſuivante :

Épaiſſ.. 1, 2, 3, 4, 5, 6 lignes;

Dimin. $\frac{2}{7}$, $\frac{10}{49}$, $\frac{50}{343}$, $\frac{250}{2401}$, $\frac{1250}{16807}$, $\frac{6250}{117649}$, en ſorte que par la ſomme de ces ſix termes on trouveroit que la lumière qui paſſe à travers ſix lignes de verre, auroit déjà

perdu $\frac{102024}{117649}$, c'est-à-dire, environ le $\frac{10}{11}$ de sa quantité. Mais il faut considérer que M. Bouguer s'est servi de verres bien peu transparens, puisqu'il a vu qu'une ligne d'épaisseur de ces verres détruisoit $\frac{2}{7}$ de la lumière. Par les expériences que j'ai faites sur différentes espèces de verre blanc, il m'a paru que la lumière diminuoit beaucoup moins. Voici ces expériences qui sont assez faciles à faire, & que tout le monde est en état de répéter.

Dans une chambre obscure dont les murs étoient noircis, qui me servoit à faire des expériences d'Optique, j'ai fait allumer une bougie de cinq à la livre; la chambre étoit fort vaste & la lumière de la bougie étoit la seule dont elle fût éclairée. J'ai d'abord cherché à quelle distance je pouvois lire un caractère d'impression, tel que celui de la gazette de Hollande, à la lumière de cette bougie, & j'ai trouvé que je lisois assez facilement ce caractère à 24 pieds 4 pouces de distance de la bougie. Ensuite ayant placé devant la bougie, à deux pouces de distance, un morceau de verre provenant d'une glace de Saint-Gobin, réduite à

une ligne d'épaiſſeur, j'ai trouvé que je liſois encore tout auſſi facilement à 22 pieds 9 pouces, & en ſubſtituant à cette glace d'une ligne d'épaiſſeur un autre morceau de 2 lignes d'épaiſſeur & du même verre, j'ai lû auſſi facilement à 21 pieds de diſtance de la bougie. Deux de ces mêmes glaces de 2 lignes d'épaiſſeur jointes l'une contre l'autre & miſes devant la bougie, en ont diminué la lumière au point que je n'ai pu lire avec la même facilité qu'à 17 pieds $\frac{1}{2}$ de diſtance de la bougie. Et enfin avec trois glaces de 2 lignes d'épaiſſeur chacune, je n'ai lû qu'à la diſtance de 15 pieds. Or la lumière de la bougie diminuant comme le quarré de la diſtance augmente, ſa diminution auroit été dans la progreſſion ſuivante, s'il n'y avoit point eu de glaces interpoſées.

$$\overline{24\tfrac{1}{3}}^{2}.\quad \overline{22\tfrac{3}{4}}^{2}.\quad \overline{21}^{2}.\quad \overline{17\tfrac{1}{2}}^{2}.\quad \overline{15}^{2}.\ \text{ou}$$

$$592\tfrac{1}{9}.\quad 517\tfrac{9}{16}.\quad 441.\quad 306\tfrac{1}{4}.\quad 225.$$

Donc les pertes de la lumière par l'interpoſition des glaces ſont dans la progreſſion ſuivante, $84\frac{79}{144}$. 151. $285\frac{7}{9}$. $367\frac{1}{4}$.

D'où l'on doit conclure qu'une ligne

d'épaisseur de ce verre, ne diminue la lumière que de $\frac{84}{592}$ ou d'environ $\frac{1}{7}$; que deux lignes d'épaisseur la diminuent de $\frac{151}{592}$, pas tout-à-fait de $\frac{1}{4}$; & trois glaces de 2 lignes de $\frac{367}{592}$, c'est-à-dire, moins de $\frac{2}{3}$.

Comme ce résultat est très-différent de celui de M. Bouguer, & que néanmoins je n'avois garde de douter de la vérité de ses expériences, je répétai les miennes en me servant de verre à vitre commun, je choisis des morceaux d'une épaisseur égale, de $\frac{3}{4}$ de ligne chacun. Ayant lû de même à 24 pieds 4 pouces de distance de la bougie, l'interposition d'un de ces morceaux de verre me fit rapprocher à 21 pieds $\frac{1}{2}$; avec deux morceaux interposés & appliqués l'un sur l'autre, je ne pouvois plus lire qu'à 18 pieds $\frac{1}{4}$, & avec trois morceaux à 16 pieds; ce qui, comme l'on voit, se rapproche de la détermination de M. Bouguer; car la perte de la lumière, en traversant ce verre de $\frac{3}{4}$ de ligne, étant ici de $592\frac{1}{4} - 462\frac{1}{4} = 130$, le résultat $\frac{130}{592\frac{1}{4}}$ ou $\frac{65}{296}$, ne s'éloigne pas beaucoup de $\frac{3}{14}$, à quoi l'on doit réduire les $\frac{2}{7}$ donnés par M.

Bouguer pour une ligne d'épaisseur, parce que mes verres n'avoient que $\frac{3}{4}$ de ligne, car 3 : 14 :: 65 : 303 $\frac{1}{3}$, terme qui ne diffère pas beaucoup de 296.

Mais avec du verre communément appelé *verre de Bohème*, j'ai trouvé par les mêmes essais, que la lumière ne perdoit qu'un huitième en traversant une épaisseur d'une ligne, & qu'elle diminuoit dans la progression suivante.

Épaiss.. 1, 2, 3, 4, 5, 6, ... n.

Dimin.. $\frac{1}{8}$. $\frac{7}{64}$. $\frac{49}{512}$. $\frac{343}{4096}$. $\frac{2401}{32768}$. $\frac{16807}{262144}$.

ou . . . $\frac{7^0}{8^1}$ $\frac{7^1}{8^2}$ $\frac{7^2}{8^3}$ $\frac{7^3}{8^4}$ $\frac{7^4}{8^5}$ $\frac{7^5}{8^6}$ $\frac{7^{n-1}}{8^n}$.

Prenant la somme de ces termes, on aura le total de la diminution de la lumière à travers une épaisseur de verre d'un nombre donné de lignes; par exemple, la somme des six premiers termes est $\frac{144495}{262144}$. Donc la lumière ne diminue que d'un peu plus de moitié en traversant une épaisseur de six lignes de verre de Bohème, & elle en perdroit encore moins, si au lieu de trois morceaux de deux lignes appliqués l'un sur l'autre, elle n'avoit à

traverſer qu'un ſeul morceau de ſix lignes d'épaiſſeur.

Avec le verre que j'ai fait fondre en maſſe épaiſſe, j'ai vu que la lumière ne perdoit pas plus à travers 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaiſſeur de ce verre, qu'à travers une glace de Saint-Gobin de deux lignes $\frac{1}{2}$ d'épaiſſeur; il me ſemble donc qu'on pourroit en conclure que la tranſparence de ce verre étant à celle de cette glace, comme 4 pouces $\frac{1}{2}$ ſont à 2 lignes $\frac{1}{2}$, ou 54 à 2 $\frac{1}{2}$, c'eſt-à-dire, plus de vingt-une fois plus grande, on pourroit faire de très-bonnes petites lunettes maſſives de 5 ou 6 pouces de longueur avec ce verre.

Mais pour des lunettes longues, on ne peut employer que de l'eau, & encore eſt-il à craindre que le même inconvénient ne ſubſiſte, car quelle ſera l'opacité qui réſultera de cette quantité de liqueur que je ſuppoſe remplir l'intervalle entre les deux verres? Plus les lunettes ſeront longues & plus on perdra de lumière; en ſorte qu'il paroît au premier coup d'œil qu'on ne peut pas ſe ſervir de ce moyen, ſur-tout pour les lunettes un peu longues,

car en ſuivant ce que dit M. Bouguer dans ſon Eſſai d'Optique, ſur la gradation de la lumière, 9 pieds 7 pouces d'eau de mer, font diminuer la lumière dans le rapport de 14 à 5; ou, ce qui revient à peu-près au même, ſuppoſons que dix pieds d'épaiſſeur d'eau diminuent la lumière dans le rapport de 3 à 1; alors vingt pieds d'épaiſſeur d'eau la diminueront dans le rapport de 9 à 1; trente pieds la diminueront dans celui de 27 à 1, &c. Il paroît donc qu'on ne pourroit ſe ſervir de ces longues lunettes pleines d'eau que pour obſerver le Soleil, & que les autres aſtres n'auroient pas aſſez de lumière pour qu'il fût poſſible de les apercevoir à travers une épaiſſeur de 20 à 30 pieds de liqueur intermédiaire.

Cependant ſi l'on fait attention qu'en ne donnant qu'un pouce ou un pouce & demi d'ouverture à un objectif de 30 pieds, on ne laiſſe pas d'apercevoir très-nettement les planètes dans les lunettes ordinaires de cette longueur, on doit penſer qu'en donnant un plus grand diamètre à l'objectif, on augmenteroit la quantité de lumière dans la raiſon du

quarré de ce diamètre, & par conſéquent ſi un pouce d'ouverture ſuffit pour voir diſtinctement un aſtre dans une lunette ordinaire, $\sqrt{3}$ pouces d'ouverture, c'eſt-à-dire 21 lignes environ de diamètre ſuffiront pour qu'on le voie auſſi diſtinctement à travers une épaiſſeur de dix pieds d'eau; & qu'avec un verre de 3 pouces de diamètre, on le verroit également à travers une épaiſſeur de 20 pieds d'eau; qu'avec un verre de $\sqrt{27}$ ou 5 pouces $\frac{1}{4}$ de diamètre, on le verroit à travers une épaiſſeur de 30 pieds, & qu'il ne faudroit qu'un verre de 9 pouces de diamètre pour une lunette remplie de 40 pieds d'eau, & un verre de 27 pouces pour une lunette de 60 pieds.

Il ſemble donc qu'on pourroit, avec eſpérance de réuſſir, faire conſtruire une lunette ſur ces principes, car en augmentant le diamètre de l'objectif, on regagne en partie la lumière que l'on perd par le défaut de tranſparence de la liqueur.

On ne doit pas craindre que les objectifs, quelque grands qu'ils ſoient, faſſent une trop grande partie de la ſphère ſur laquelle ils ſeront travaillés, & que par cette raiſon

les rayons de la lumière ne puiſſent ſe réunir exactement; car en ſuppoſant même ces objectifs ſept ou huit fois plus grands que je ne les ai déterminés, ils ne feroient pas encore à beaucoup près une aſſez grande partie de leur ſphère pour ne pas réunir les rayons avec exactitude.

Mais ce qui ne me paroît pas douteux, c'eſt qu'une lunette conſtruite de cette façon, ſeroit très-utile pour obſerver le Soleil; car en la ſuppoſant même longue de cent pieds, la lumière de cet aſtre ne ſeroit encore que trop forte après avoir traverſé cette épaiſſeur d'eau, & on obſerveroit à loiſir & aiſément la ſurface de cet aſtre immédiatement, ſans qu'il fût néceſſaire de ſe ſervir de verres enfumés ou d'en recevoir l'image ſur un carton, avantage qu'aucune autre eſpèce de lunette ne peut avoir.

Il y auroit ſeulement quelque petite différence dans la conſtruction de cette lunette ſolaire, ſi l'on veut qu'elle nous préſente la face entière du Soleil, car en la ſuppoſant longue de cent pieds, il faudra dans ce cas que le verre oculaire ait au moins dix pouces de diamètre,

parce que le Soleil occupant plus d'un demi-degré céleste, l'image formée par l'objectif à son foyer à 100 pieds, aura au moins cette longueur de dix pouces, & que pour la réunir toute entière, il faudra un oculaire de cette largeur auquel on ne donneroit que vingt pouces de foyer pour le rendre aussi fort qu'il se pourroit. Il faudroit aussi que l'objectif, ainsi que l'oculaire, eût dix pouces de diamètre, afin que l'image de l'astre & l'image de l'ouverture de la lunette se trouvassent d'égale grandeur au foyer.

Quand même cette lunette que je propose ne serviroit qu'à observer exactement le Soleil, ce seroit déjà beaucoup; il seroit, par exemple, fort curieux de pouvoir reconnoître s'il y a dans cet astre des parties plus ou moins lumineuses que d'autres, s'il y a sur sa surface des inégalités, & de quelle espèce elles seroient, si les taches flottent sur sa surface *(k)*,

---

(k) M. de la Lande m'a fait sur ceci la remarque qui suit: « Il est constant, dit-il, qu'il n'y a sur le Soleil que des taches qui changent de forme « & disparoissent entièrement, mais qui ne changent « point de place, si ce n'est par la rotation du «

ou ſi elles y ſont toutes conſtamment attachées, &c. La vivacité de ſa lumière nous empêche de l'obſerver à l'œil ſimple, & la différente réfrangibilité de ſes rayons rend ſon image confuſe lorſqu'on la reçoit au foyer d'un objectif ſur un carton, auſſi la ſurface du Soleil nous eſt-elle moins connue que celle des autres planètes. Cette différente réfrangibilité des rayons ne ſeroit pas à beaucoup près entièrement corrigée dans cette longue lunette remplie d'eau : mais ſi cette liqueur pouvoit, par l'addition des ſels, être rendue auſſi denſe que le verre, ce ſeroit alors la même choſe que s'il n'y avoit qu'un ſeul verre à traverſer, & il me ſemble qu'il y auroit plus d'avantage à ſe ſervir de ces lunettes remplies d'eau, que de lunettes ordinaires avec des verres enfumés.

Soleil; ſa ſurface eſt très-unie & homogène » Ce ſavant Aſtronome pouvoit même ajouter que ce n'eſt que par le moyen de ces taches, toujours ſuppoſées fixes, qu'on a déterminé le temps de la révolution du Soleil ſur ſon axe : mais ce point d'Aſtronomie phyſique ne me paroît pas encore abſolument démontré; car ces taches qui toutes changent de figure, pourroient bien auſſi quelquefois changer de lieu.

Quoi qu'il en ſoit, il eſt certain qu'il faut pour obſerver le Soleil une lunette bien différente de celles dont on doit ſe ſervir pour les autres aſtres, & il eſt encore très-certain qu'il faut pour chaque planète une lunette particulière, & proportionnée à leur intenſité de lumière, c'eſt-à-dire, à la quantité réelle de lumière dont elles nous paroiſſent éclairées. Dans toutes les lunettes il faudroit donc l'objectif auſſi grand, & l'oculaire auſſi fort qu'il eſt poſſible, & en même temps proportionner la diſtance du foyer à l'intenſité de la lumière de chaque planète. Par exemple, Vénus & Saturne ſont deux planètes dont la lumière eſt fort différente; lorſqu'on les obſerve avec la même lunette on augmente également l'angle ſous lequel on les voit, dès-lors la lumière totale de la planète paroît s'étendre ſur toute ſa ſurface d'autant plus qu'on la groſſit davantage, ainſi à meſure qu'on agrandit ſon image on la rend ſombre, à peu-près dans la proportion du quarré de ſon diamètre; Saturne ne peut donc ſans devenir obſcur être obſervé avec une lunette auſſi forte que Vénus. Si l'intenſité de lumière de

celle-ci permet de la groſſir cent ou deux cents fois avant de devenir ſombre, l'autre ne ſouffrira peut-être pas la moitié ou le tiers de cette augmentation ſans devenir tout-à-fait obſcure. Il s'agit donc de faire une lunette pour chaque planète proportionnée à leur intenſité de lumière, & pour le faire avec plus d'avantage il me ſemble qu'il n'y faut employer qu'un objectif d'autant plus grand, & d'un foyer d'autant moins long que la planète a moins de lumière. Pourquoi juſqu'à ce jour n'a-t-on pas fait des objectifs de deux & trois pieds de diamètre ? l'aberration des rayons cauſée par la ſphéricité des verres en eſt la ſeule cauſe, elle produit une confuſion qui eſt comme le quarré du diamètre de l'ouverture *(l)*, & c'eſt par cette raiſon que les verres ſphériques qui ſont très-bons avec une petite ouverture ne valent plus rien quand on l'augmente ; on a plus de lumière, mais moins de diſtinction & de netteté. Néanmoins, les verres ſphériques larges ſont très-bons pour faire des lunettes de nuit ; les Anglois ont conſtruit des

(l) Smith's Optick. *Boock. 2, cap. VII, art. 346.*

lunettes de cette eſpèce, & ils s'en ſervent avec grand avantage pour voir de fort loin les vaiſſeaux dans une nuit obſcure. Mais maintenant que l'on ſait corriger en grande partie les effets de la différente réfrangibilité des rayons, il me ſemble qu'il faudroit s'attacher à faire des verres elliptiques ou hyperboliques qui ne produiroient pas cette aberration cauſée par la ſphéricité, & qui par conſéquent pourroient être trois ou quatre fois plus larges que les verres ſphériques. Il n'y a que ce moyen d'augmenter à nos yeux la quantité de lumière que nous envoient les planètes, car nous ne pouvons pas porter ſur les planètes une lumière additionnelle comme nous le faiſons ſur les objets que nous obſervons au microſcope, mais il faut au moins employer le plus avantageuſement qu'il eſt poſſible, la quantité de lumière dont elles ſont éclairées, en la recevant ſur une ſurface auſſi grande qu'il ſe pourra. Cette lunette hyperbolique qui ne ſeroit compoſée que d'un ſeul grand verre objectif, & d'un oculaire proportionné, exigeroit une matière de la plus grande tranſparence. On réuniroit par ce

moyen tous les avantages possibles, c'est-à-dire, ceux des lunettes achromatiques à celui des lunettes elliptiques ou hyperboliques, & l'on mettroit à profit toute la quantité de lumière que chaque planète réfléchit à nos yeux. Je puis me tromper, mais ce que je propose me paroît assez fondé pour en recommander l'exécution aux personnes zélées pour l'avancement des Sciences.

Me laissant aller à ces espèces de rêveries, dont quelques-unes néanmoins se réaliseront un jour, & que je ne publie que dans cette espérance, j'ai songé au miroir du port d'Alexandrie, dont quelques Auteurs anciens ont parlé, & par le moyen duquel on voyoit de très-loin les vaisseaux en pleine mer. Le passage le plus positif qui me soit tombé sous les yeux est celui que je vais rapporter: *Alexandria..... in Pharo verò erat speculum e ferro* sinico. *Per quod a longè videbantur naves Græcorum advenientes; sed paulò postquam Islamismus invaluit, scilicet tempore califatûs Walid-fil: Abdi-l-melec, Christiani, fraude adhibitâ illud deleverunt.* Abu-l-feda, &c. Descriptio Ægypti.

J'ai pensé 1.° que ce miroir par lequel n voyoit de loin les vaisseaux arriver, 'étoit pas impossible; 2.° que même sans iroir ni lunette, on pourroit par de ertaines dispositions obtenir le même ffet, & voir depuis le port les vaisseaux eut-être d'aussi loin que la courbure de a Terre le permet. Nous avons dit que es personnes qui ont bonne vue, aperçoivent les objets éclairés par le Soleil à lus de trois mille quatre cents fois leur iamètre, & en même temps nous avons emarqué que la lumière intermédiaire uisoit si fort à celle des objets éloignés, qu'on apercevoit la nuit un objet lumineux de dix, vingt & peut-être cent fois plus de distance qu'on ne le voit pendant le jour. Nous savons que du fond d'un puits très-profond l'on voit les étoiles en plein jour *(m)*, pourquoi donc ne verroit-on pas de même les vaisseaux éclairés des rayons du Soleil, en se mettant au fond

---

(m) Aristote est je crois le premier qui ait fait mention de cette observation, & j'en ai cité le passage à l'article *du Sens de la Vue*, *tome IV de cette Histoire Naturelle*.

d'une longue galerie fort obſcure, & ſituée ſur le bord de la mer, de manière qu'elle ne recevroit aucune lumière que celle de la mer lointaine & des vaiſſeaux qui pourroient s'y trouver; cette galerie n'eſt qu'un puits horizontal qui feroit le même effet pour la vue des vaiſſeaux, que le puits vertical pour la vue des étoiles, & cela me paroît ſi ſimple, que je ſuis étonné qu'on n'y ait pas ſongé. Il me ſemble qu'en prenant, pour faire l'obſervation, les heures du jour où le Soleil feroit derrière la galerie, c'eſt-à-dire le temps où les vaiſſeaux feroient bien éclairés, on les verroit du fond de cette galerie obſcure, dix fois au moins mieux qu'on ne peut les voir en pleine lumière. Or, comme nous l'avons dit, on diſtingue aiſément un homme ou un cheval à une lieue de diſtance lorſqu'ils ſont éclairés des rayons du Soleil; & en ſupprimant la lumière intermédiaire qui nous environne & offuſque nos yeux, nous les verrions au moins dix fois plus loin, c'eſt-à-dire, à dix lieues: donc on verroit les vaiſſeaux qui ſont beaucoup plus gros, d'auſſi loin que la courbure

e la Terre le permettroit *(n)*, ſans autre
ıſtrument que nos yeux.

Mais un miroir concave d'un aſſez
rand diamètre, & d'un foyer quel-
onque, placé au fond d'un long tuyau
ıoirci, feroit, pendant le jour, à peu-
rès le même effet que nos grands
bjectifs de même diamètre & de même
oyer feroient pendant la nuit, & c'étoit
robablement un de ces miroirs concaves
l'acier poli *(e ferro ſinico)* qu'on avoit
établi au port d'Alexandrie *(o)*, pour voir

(n) La courbure de la Terre pour un degré ou 25 lieues de 2283 toiſes, eſt de 2988 pieds; elle croît comme le quarré des diſtances, ainſi pour 5 lieues elle eſt vingt-cinq fois moindre, c'eſt-à-dire, d'environ 120 pieds. Un vaiſſeau qui a plus de 120 pieds de mâture, peut donc être vu de cinq lieues étant même au niveau de la mer; mais ſi l'on s'élevoit de 120 pieds au-deſſus du niveau de la mer, on verroit de cinq lieues le corps entier du vaiſſeau juſqu'à la ligne de l'eau, & en s'élevant encore davantage, on pourroit apercevoir le haut des mâts de plus de dix lieues.

(o) De temps immémorial les Chinois & ſurtout les Japonois, ſavent travailler & polir l'acier en grand & en petit volume, & c'eſt ce qui m'a fait penſer qu'on doit interpréter *e ferro ſinico* par acier poli.

de loin arriver les vaisseaux Grecs. Au reste, si ce miroir d'acier ou de fer poli a réellement existé, comme il y a toute apparence, on ne peut refuser aux Anciens la gloire de la première invention des télescopes, car ce miroir de métal poli ne pouvoit avoir d'effet qu'autant que la lumière réfléchie par sa surface, étoit recueillie par un autre miroir concave placé à son foyer, & c'est en cela que consiste l'essence du télescope & la facilité de sa construction. Néanmoins cela n'ôte rien à la gloire du grand Newton, qui, le premier, a ressuscité cette invention entièrement oubliée. Il paroît même que ce sont ses belles découvertes sur la différente réfrangibilité des rayons de la lumière qui l'ont conduit à celle du télescope. Comme les rayons de la lumière sont par leur nature différemment réfrangibles, il étoit fondé à croire qu'il n'y avoit nul moyen de corriger cet effet; ou s'il a entrevu ces moyens, il les a jugés si difficiles, qu'il a mieux aimé tourner ses vues d'un autre côté, & produire par le moyen de la réflexion des rayons, les grands effets qu'il ne pouvoit obtenir par

ur réfraction. Il a donc fait conſtruire
n téleſcope, dont l'effet eſt réellement
en ſupérieur à celui des lunettes ordi-
aires, mais les lunettes achromatiques
iventées de nos jours, ſont auſſi ſupé-
eures au téleſcope qu'il l'eſt aux lunettes
rdinaires. Le meilleur téleſcope eſt tou-
urs ſombre en comparaiſon de la lunette
chromatique, & cette obſcurité dans les
leſcopes ne vient pas ſeulement du défaut
e poli ou de la couleur du métal des
iroirs, mais de la nature même de la
umière, dont les rayons différemment
éfrangibles, ſont auſſi différemment ré-
exibles, quoiqu'en degrés beaucoup
oins inégaux. Il reſte donc pour per-
ectionner les téleſcopes, autant qu'ils
euvent l'être, à trouver le moyen de
compenſer cette différente réflexibilité,
comme l'on a trouvé celui de compenſer
a différente réfrangibilité.

Après tout ce qui vient d'être dit, je crois qu'on ſentira bien que l'on peut faire une très-bonne lunette de jour, ſans employer ni verres ni miroirs, & ſimplement en ſupprimant la lumière environnante, au moyen d'un tuyau de 150 ou

200 pieds de long, & en se plaçant dans un lieu obscur où aboutiroit l'une des extrémités de ce tuyau; plus la lumière du jour seroit vive, plus seroit grand l'effet de cette lunette si simple & si facile à exécuter. Je suis persuadé qu'on verroit distinctement à quinze & peut-être vingt lieues les bâtimens & les arbres sur le haut des montagnes. La seule différence qu'il y ait entre ce long tuyau & la galerie obscure que j'ai proposée, c'est que le *champ,* c'est-à-dire, l'espace vu seroit bien plus petit, & précisément dans la raison du quarré de l'ouverture du tuyau à celle de la galerie.

ARTICLE TROISIÈME.

INVENTION d'autres Miroirs pour brûler à de moindres distances.

I.

MIROIRS d'une seule pièce à foyer mobile.

J'AI remarqué que le verre fait ressort, & qu'il peut plier jusqu'à un certain point;

& comme pour brûler à des diſtances un
u grandes, il ne faut qu'une légère
urbure, & que toute courbure régulière
eſt à peu-près également convenable;
i imaginé de prendre des glaces de
roir ordinaire d'un pied & demi, de
ux pieds & trois pieds de diamètre, de
faire arrondir, & de les ſoutenir ſur
cercle de fer bien égal & bien tourné,
rès avoir fait dans le centre de la glace
trou de deux ou trois lignes de dia-
ètre pour y paſſer une vis *(p)*, dont les
s ſont très-fins, & qui entre dans un
tit écrou poſé de l'autre côté de la glace.
n ſerrant cette vis, j'ai courbé aſſez les
aces de trois pieds, pour brûler depuis
o pieds juſuu'à 30, & les glaces de
8 pouces ont brûlé à 25 pieds; mais
ant répété pluſieurs fois ces expériences,
i caſſé les glaces de trois pieds & de
ux pieds, & il ne m'en reſte qu'une de
8 pouces que j'ai gardée pour modèle
e ce miroir *(q)*.

(p) Voyez les *planches X, XI & XII.*

(q) Ces glaces de 3 pieds ont mis le feu à des
atières légères juſqu'à 50 pieds de diſtance, &

Ce qui fait casser ces glaces si aisément c'est le trou qui est au milieu; elles s courberoient beaucoup plus sans rompre s'il n'y avoit point de solution de conti nuité, & qu'on pût les presser égalemen sur toute la surface: cela m'a conduit imaginer de les faire courber par le poid même de l'atmosphère; & pour cela il n faut que mettre une glace circulaire su une espèce de tambour de fer ou d cuivre, & ajouter à ce tambour une pomp pour en tirer de l'air; on fera de cett manière courber la glace plus ou moins & par conséquent elle brûlera à de plu & moins grandes distances.

Il y auroit encore un autre moyen; c seroit d'ôter l'étamage dans le centre d la glace, de la largeur de 9 ou 10 lignes façonner avec une molette cette partie d centre en portion de sphère, comme u verre convexe, d'un pouce de foyer mettre dans le tambour une petite mèch

---

alors elles n'avoient plié que d'une ligne $\frac{5}{8}$; pou brûler à 40 pieds, il falloit les faire plier de 2 lignes pour brûler à 30 pieds, de deux lignes $\frac{3}{4}$, & c'e en voulant les faire brûler à 20 pieds qu'elles s sont cassées.

soufrée

ſoufrée ; il arriveroit que quand on préſenteroit ce miroir au Soleil, les rayons tranſmis à travers cette partie du centre de la glace & réunis au foyer d'un pouce, allumeroient la mèche ſoufrée dans le tambour ; cette mèche en brûlant abſorberoit de l'air, & par conſéquent le poids de l'atmoſphère feroit plier la glace plus ou moins, ſelon que la mèche ſoufrée brûleroit plus ou moins de temps. Ce miroir ſeroit fort ſingulier, parce qu'il ſe courberoit de lui-même à l'aſpect du Soleil ſans qu'il fût néceſſaire d'y toucher ; mais l'uſage n'en ſeroit pas facile, & c'eſt pour cette raiſon que je ne l'ai pas fait exécuter, la ſeconde manière étant préférable à tous égards.

Ces miroirs d'une ſeule pièce à foyer mobile, peuvent ſervir à meſurer plus exactement, que par aucun autre moyen, la différence des effets de la chaleur du Soleil reçue dans des foyers plus ou moins grands. Nous avons vu que les grands foyers font toujours proportionnellement beaucoup plus d'effet que les petits, quoique l'intenſité de chaleur ſoit égale dans les uns & les autres ; on auroit ici,

en contractant successivement les foyers, toujours une égale quantité de lumière ou de chaleur, mais dans des espaces successivement plus petits; & au moyen de cette quantité constante, on pourroit déterminer par l'expérience le *minimum* de l'espace du foyer, c'est-à-dire, l'étendue nécessaire, pour qu'avec la même quantité de lumière on eût le plus grand effet, cela nous conduiroit en même temps à une estimation plus précise de la déperdition de la chaleur dans les différentes substances, sous un même volume ou dans une égale étendue.

A cet usage près, il m'a paru que ces miroirs d'une seule pièce à foyer mobile étoient plus curieux qu'utiles; celui qui agit seul & se courbe à l'aspect du Soleil, est assez ingénieusement conçu pour avoir place dans un cabinet de Physique.

I I.

MIROIRS d'une seule pièce pour brûler très-vivement à des distances médiocres & à de petites distances.

J'AI cherché les moyens de courber régulièrement de grandes glaces, & après

avoir fait conſtruire deux fourneaux différens qui n'ont pas réuſſi, je ſuis parvenu à en faire un troiſième *(r)*, dans lequel j'ai courbé très-régulièrement des glaces circulaires de trois, quatre & quatre pieds & demi de diamètre, j'en ai même fait courber deux de 56 pouces, mais quelque précaution qu'on ait priſe pour laiſſer refroidir lentement ces grandes glaces de 56 & 54 pouces de diamètre, & pour les manier doucement, elles ſe ſont caſſées en les appliquant ſur les moules ſphériques que j'avois fait conſtruire pour leur donner la forme régulière & le poli néceſſaire; la même choſe eſt arrivée à trois autres glaces de 48 & 50 pouces de diamètre, & je n'en ai conſervé qu'une ſeule de 46 pouces & deux de 37 pouces. Les gens qui connoiſſent les Arts n'en ſeront pas ſurpris, ils ſavent que les grandes pièces de verre, exigent des précautions infinies pour ne pas ſe fêler au ſortir du fourneau où on les laiſſe recuire & refroidir, ils ſavent que plus elles ſont minces, & plus elles ſont ſujettes à ſe

(r) Voyez les *planches I, II, III, IV, V & VI.*

fendre, non-seulement par le premier coup de l'air, mais encore par ses impressions ultérieures. J'ai vu plusieurs de mes glaces courbées se fendre toutes seules au bout de trois, quatre & cinq mois, quoiqu'elles eussent résisté aux premières impressions de l'air, & qu'on les eût placées sur des moules de plâtre bien séché, sur lesquels la surface concave de ces glaces portoit également par-tout; mais ce qui m'en a fait perdre un grand nombre, c'est le travail qu'il falloit faire pour leur donner une forme régulière. Ces glaces que j'ai achetées toutes polies à la manufacture du faubourg Saint-Antoine, quoique choisies parmi les plus épaisses, n'avoient que cinq lignes d'épaisseur; en les courbant, le feu leur faisoit perdre en partie leur poli. Leur épaisseur d'ailleurs n'étoit pas bien égale par-tout, & néanmoins il étoit nécessaire pour l'objet auquel je les destinois, de rendre les deux surfaces concave & convexe parfaitement concentriques, & par conséquent de les travailler avec des molettes convexes dans des moules creux, & des molettes concaves sur des moules convexes. De vingt-quatre

glaces que j'avois courbées, & dont j'en avois livré quinze à feu M. Paſſemant, pour les faire travailler par ſes ouvriers, je n'en ai conſervé que trois; toutes les autres, dont les moindres avoient au moins trois pieds de diamètre, ſe ſont caſſées, ſoit avant d'être travaillées, ſoit après. De ces trois glaces que jai ſauvées, l'une a 46 pouces de diamètre, & les deux autres 37 pouces, elles étoient bien travaillées, leurs ſurfaces bien concentriques, & par conſéquent l'épaiſſeur bien égale, il ne s'agiſſoit plus que de les étamer ſur leur ſurface convexe, & je fis pour cela pluſieurs eſſais & un aſſez grand nombre d'expériences qui ne me réuſſirent point. M. de Bernières, beaucoup plus habile que moi dans cet art de l'étamage, vint à mon ſecours, & me rendit en effet deux de mes glaces étamées; j'eus l'honneur d'en préſenter au Roi la plus grande, c'eſt-à-dire, celle de 46 pouces, & de faire devant Sa Majeſté les expériences de la force de ce miroir ardent qui fond aiſément tous les métaux; on l'a dépoſé au château de la Muette, dans un cabinet qui eſt ſous la direction du Père Noël;

c'eſt certainement le plus fort miroir ardent qu'il y ait en Europe *(ſ)*. J'ai dépoſé au Jardin du Roi, dans le Cabinet d'Hiſtoire Naturelle, la glace de 37 pouces de diamètre, dont le foyer eſt beaucoup plus court que celui du miroir de 46 pouces. Je n'ai pas encore eu le temps d'eſſayer la force de ce ſecond miroir que je crois auſſi très-bon. Je fis dans le temps quelques expériences au château de la Muette, ſur la lumière de la Lune, reçue par le miroir de 46 pouces, & réfléchie ſur un thermomètre très-ſenſible, je crus d'abord m'apercevoir de quelque mouvement, mais cet effet ne ſe ſoutint pas, & depuis je n'ai pas eu occaſion de répéter l'expérience. Je ne ſai même ſi l'on obtiendroit un degré de chaleur ſenſible en réuniſſant les foyers de pluſieurs miroirs, & les faiſant tomber enſemble ſur un thermomètre aplati & noirci; car il ſe peut que la Lune nous envoie du froid plutôt

(ſ) On m'a dit que l'étamage de ce miroir, qui a été fait il y a plus de vingt ans, s'étoit gâté, il faudroit le remettre entre les mains de M. de Bernières, qui ſeul a le ſecret de cet étamage, pour le bien réparer.

que du chaud, comme nous l'expliquerons ailleurs. Du reste ces miroirs sont supérieurs à tous les miroirs de réflexion dont on avoit connoissance : ils servent aussi à voir en grand les petits tableaux, & à en distinguer toutes les beautés & tous les défauts ; & si on en fait étamer de pareils dans leur concavité, ce qui seroit bien plus aisé que sur la convexité, ils serviroient à voir les plafonds & autres peintures qui sont trop grandes & trop perpendiculaires sur la tête, pour pouvoir être regardées aisément.

Mais ces miroirs ont l'inconvénient commun à tous les miroirs de ce genre, qui est de brûler en haut, ce qui fait qu'on ne peut travailler de suite à leur foyer, & qu'ils deviennent presque inutiles pour toutes les expériences qui demandent une longue action du feu & des opérations suivies. Néanmoins en recevant d'abord les rayons du Soleil sur une glace plane de quatre pieds & demi de hauteur & d'autant de largeur qui les réfléchit contre ces miroirs concaves, ils sont assez puissans pour que cette perte qui est de la moitié de la chaleur, ne les empêche pas de

brûler très-vivement à leur foyer, qui par ce moyen ſe trouve en bas comme celui des miroirs de réfraction, & auquel par conſéquent on pourroit travailler de ſuite & avec une égale facilité. Seulement il ſeroit néceſſaire que la glace plane & le miroir concave, fuſſent tous deux montés parallèlement ſur un même ſupport, où ils pourroient recevoir également les mêmes mouvemens de direction & d'inclinaiſon, ſoit horizontalement, ſoit verticalement. L'effet que le miroir de 46 pouces de diamètre feroit en bas, n'étant que de moitié de celui qu'il produit en haut, c'eſt comme ſi la ſurface de ce miroir étoit réduite de moitié, c'eſt-à-dire, comme s'il n'avoit qu'un peu plus de 32 pouces de diamètre au lieu de 46, & cette dimenſion de 32 pouces de diamètre pour un foyer de 6 pieds, ne laiſſe pas de donner une chaleur plus grande que celle des lentilles de Tſchirnaüs ou du ſieur Segard, dont je me ſuis autrefois ſervi, & qui ſont les meilleures que l'on connoiſſe.

Enfin par la réunion de ces deux miroirs on auroit aux rayons du Soleil une chaleur

immenſe à leur foyer commun, ſur-tout en le recevant en haut, qui ne ſeroit diminuée que de moitié en le recevant en bas, & qui par conſéquent ſeroit beaucoup plus grande qu'aucune autre chaleur connue, & pourroit produire des effets dont nous n'avons aucune idée.

I I I.

Lentilles ou Miroirs à l'eau.

Au moyen des glaces courbées & travaillées régulièrement dans leur concavité & ſur leur convexité, on peut faire un miroir réfringent, en joignant par oppoſition deux de ces glaces, & en rempliſſant d'eau tout l'eſpace qu'elles contiennent.

Dans cette vue, j'ai fait courber deux glaces de 37 pouces de diamètre, & les ai fait uſer de 8 ou 9 lignes ſur les bords pour les bien joindre. Par ce moyen l'on n'aura pas beſoin de maſtic pour empêcher l'eau de fuir.

Au zénith du miroir il faut pratiquer un petit goulot *(t)*, par lequel on en

(t) Voyez la *planche XII.*

remplira la capacité avec un entonnoir; & comme les vapeurs de l'eau échauffée par le Soleil, pourroient faire casser les glaces, on laissera ce goulot ouvert pour laisser échapper les vapeurs; & afin de tenir le miroir toujours absolument plein d'eau, on ajustera dans ce goulot une petite bouteille pleine d'eau, & cette bouteille finira elle-même en haut par un goulot étroit, afin que dans les différentes inclinaisons du miroir, l'eau qu'elle contiendra ne puisse pas se répandre en trop grande quantité.

Cette lentille composée de deux glaces de 37 pouces, chacune de deux pieds & demi de foyer, brûleroit à cinq pieds, si elle étoit de verre; mais l'eau ayant une moindre réfraction que le verre, le foyer sera plus éloigné; il ne laissera pas néanmoins de brûler vivement: j'ai supputé qu'à la distance de 5 pieds $\frac{1}{2}$, cette lentille à l'eau produiroit au moins deux fois autant de chaleur que la lentille du Palais-royal, qui est de verre solide, & dont le foyer est à douze pieds.

J'avois conservé une assez forte épaisseur aux glaces, afin que le poids de l'eau

qu'elles devoient renfermer ne pût en altérer la courbure : on pourroit eſſayer de rendre l'eau plus réfringente, en y faiſant fondre des ſels ; comme l'eau peut ſucceſſivement fondre pluſieurs ſels, & s'en charger en plus grande quantité qu'elle ne ſe chargeroit d'un ſeul ſel, il faudroit en fondre de pluſieurs eſpèces, & on rendroit par ce moyen la réfraction de l'eau plus approchante de celle du verre.

Tel étoit mon projet ; mais après avoir travaillé & ajuſté ces glaces de 37 pouces, celle du deſſous s'eſt caſſée dès la première expérience, & comme il ne m'en reſtoit qu'une, j'en ai fait le miroir concave de 37 pouces dont j'ai parlé dans l'article précédent.

Ces loupes compoſées de deux glaces ſphériquement courbées & remplies d'eau, brûleront en bas, & produiront de plus grands effets que les loupes de verre maſſif, parce que l'eau laiſſe paſſer plus aiſément la lumière que le verre le plus tranſparent ; mais l'exécution ne laiſſe pas d'en être difficile, & demande des attentions infinies. L'expérience m'a fait

connoître qu'il falloit des glaces épaiſſes de neuf ou huit lignes au moins, c'eſt-à-dire, des glaces faites exprès, car on n'en coule point aux manufactures d'auſſi épaiſſes à beaucoup près, toutes celles qui ſont dans le commerce n'ont qu'environ moitié de cette épaiſſeur; il faut enſuite courber ces glaces dans un fourneau pareil à celui dont j'ai donné la figure, *pl. 1 & ſuivantes;* avoir attention de bien ſécher le fourneau, de ne pas preſſer le feu & d'employer au moins trente heures à l'opération. La glace ſe ramollira & pliera par ſon poids ſans ſe diſſoudre, & s'affaiſſera ſur le moule concave qui lui donnera ſa forme: on la laiſſera recuire & refroidir par degrés dans ce fourneau qu'on aura ſoin de boucher au moment qu'on aura vu la glace bien affaiſſée par-tout également. Deux jours après, lorſque le fourneau aura perdu toute ſa chaleur, on en tirera la glace qui ne ſera que légèrement dépolie, on examinera avec un grand compas courbe, ſi ſon épaiſſeur eſt à peu-près égale par-tout, & ſi cela n'étoit pas, & qu'il y eût dans de certaines parties de la glace

une inégalité ſenſible, on commencera par l'atténuer avec une molette de même ſphère que la courbure de la glace. On continuera de travailler de même les deux ſurfaces concave & convexe, qu'il faut rendre parfaitement concentriques, en ſorte que la glace ait par-tout exactement la même épaiſſeur. Et pour parvenir à cette préciſion, qui eſt abſolument néceſſaire, il faudra faire courber de plus petites glaces de deux ou trois pieds de diamètre, en obſervant de faire ces petits moules ſur un rayon de quatre ou cinq lignes plus long que ceux du foyer de la grande glace; par ce moyen on aura des glaces courbes dont on ſe ſervira au lieu de molettes pour travailler les deux ſurfaces concave & convexe, ce qui avancera beaucoup le travail; car ces petites glaces en frottant contre la grande l'uſeront, & s'uſeront également; & comme leur courbure eſt plus forte de 4 lignes, c'eſt-à-dire, de moitié de l'épaiſſeur de la grande glace, le travail de ces petites glaces, tant au dedans qu'au dehors, rendra concentriques les deux ſurfaces de la grande glace auſſi préciſément qu'il eſt

poſſible. C'eſt-là le point le plus difficile, & j'ai ſouvent vu que pour l'obtenir on étoit obligé d'uſer la glace de plus d'une ligne & demie ſur chaque ſurface, ce qui la rendoit trop mince, & dès-lors inutile, du moins pour notre objet. Ma glace de 37 pouces que le poids de l'eau joint à la chaleur du Soleil a fait caſſer, avoit néanmoins, toute travaillée, plus de 3 lignes & demie d'épaiſſeur, & c'eſt pour cela que je recommande de les tenir encore plus épaiſſes.

J'ai obſervé que ces glaces courbées ſont plus caſſantes que les glaces ordinaires; la ſeconde fuſion ou demi-fuſion que le verre éprouve pour ſe courber, eſt peut-être la cauſe de cet effet, d'autant que pour prendre la forme ſphérique, il eſt néceſſaire qu'il s'étende inégalement dans chacune de ſes parties, & que leur adhérence entr'elles change dans des proportions inégales, & même différentes pour chaque point de la courbe, relativement au plan horizontal de la glace qui s'abaiſſe ſucceſſivement pour prendre la courbure ſphérique.

En général le verre a du reſſort & peut

plier ſans ſe caſſer, d'environ un pouce par pied, ſur-tout quand il eſt mince; je l'ai même éprouvé ſur des glaces de deux & trois lignes d'épaiſſeur & de cinq pieds de hauteur; on peut les faire plier de plus de 4 pouces ſans les rompre, ſur-tout en ne les comprimant qu'en un ſens; mais ſi on les courbe en deux ſens à la fois, comme pour produire une ſurface ſphérique, elles caſſent à moins d'un demi-pouce par pied ſous cette double flexion; la glace inférieure de ces lentilles à l'eau, obéiſſant donc à la preſſion cauſée par le poids de l'eau, elle caſſera ou prendra une plus forte courbure, à moins qu'elle ne ſoit fort épaiſſe, ou qu'elle ne ſoit ſoutenue par une croix de fer, ce qui fait ombre au foyer & rend déſagréable l'aſpect de ce miroir. D'ailleurs le foyer de ces lentilles à l'eau n'eſt jamais franc, ni bien terminé, ni réduit à ſa plus petite étendue; les différentes réfractions que ſouffre la lumière en paſſant du verre dans l'eau, & de l'eau dans le verre, cauſent une aberration des rayons beaucoup plus grande qu'elle ne l'eſt par une réfraction ſimple dans les loupes de verre maſſif;

tous ces inconvéniens m'ont fait tourner mes vues sur les moyens de perfectionner les lentilles de verre, & je crois avoir enfin trouvé tout ce qu'on peut faire de mieux en ce genre, comme je l'expliquerai dans les paragraphes suivans.

Avant de quitter les lentilles à l'eau, je crois devoir encore proposer un moyen de construction nouvelle qui seroit sujette à moins d'inconvéniens, & dont l'exécution seroit assez facile. Au lieu de courber, travailler & polir de grandes glaces de quatre ou cinq pieds de diamètre, il ne faudroit que des petits morceaux quarrés de deux pouces, qui ne coûteroient presque rien, & les placer dans un chassis de fer traversé de verges minces de ce même métal & ajustées comme les vitres en plomb; ce chassis & ces verges de fer auxquelles on donneroit la courbure sphérique & quatre pieds de diamètre, contiendroient chacun trois cents quarante-six de ces petits morceaux de 2 pouces, & en laissant quarante-six pour l'équivalent de l'espace que prendroient les verges de fer, il y auroit toujours trois cents disques du Soleil

qui coïncideroient au même foyer que je suppose à dix pieds : chaque morceau laisseroit passer un disque de 2 pouces de diamètre, auquel ajoutant la lumière des parties du quarré circonscrit à ce cercle de 2 pouces de diamètre, le foyer n'auroit à dix pieds que 2 pouces $\frac{1}{2}$ ou 2 pouces $\frac{3}{4}$ si la monture de ces petites glaces étoit régulièrement exécutée. Or, en diminuant la perte que souffre la lumière en passant à travers l'eau & les doubles verres qui la contiennent, & qui seroit ici à peu-près de moitié, on auroit encore au foyer de ce miroir tout composé de facettes planes une chaleur cent cinquante fois plus grande que celle du Soleil. Cette construction ne seroit pas chère, & je n'y vois d'autre inconvénient que la fuite de l'eau qui pourroit percer par les joints des verges de fer qui soutiendroient les petits trapèzes de verre ; il faudroit prévenir cet inconvénient en pratiquant des petites rainures de chaque côté dans ces verges & enduire ces rainures de mastic ordinaire des vitriers qui est impénétrable à l'eau.

I V.

*L*ENTILLES *de Verre ſolide.*

J'AI vu deux de ces lentilles, cell du Palais-royal, & celle du ſieur Segard toutes deux ont été tirées d'une maſſ de verre d'Allemagne, qui eſt beaucou plus tranſparent que le verre de no glaces de miroirs. Mais perſonne ne ſai en France fondre le verre en larges maſſe épaiſſes, & la compoſition d'un verr tranſparent comme celui de Bohème n'eſt connue que depuis peu d'années.

J'ai donc d'abord cherché les moyen de fondre le verre en maſſes épaiſſes, & j'ai fait en même-temps différens eſſai pour avoir une matière bien tranſparente M. de Romilly, qui dans ce temps étoi l'un des Directeurs de la manufacture de Saint-Gobin, m'ayant aidé de ſes conſeils, nous fondimes deux maſſes de verre d'environ ſept pouces de diamètre ſur cinq à ſix pouces d'épaiſſeur dans des creuſets à un fourneau où l'on cuiſoit de la fayence au faubourg Saint-Antoine. Après avoir fait uſer & polir les deux ſurfaces de ces morceaux de verre pour

s rendre parallèles, je trouvai qu'il n'y n avoit qu'un des deux qui fût parfai- ment net. Je livrai le ſecond morceau ui étoit le moins parfait à des ouvriers ui ne laiſſèrent pas que d'en tirer d'aſſez ons priſmes de toute groſſeur, & j'ai ardé pendant pluſieurs années le premier norceau qui avoit 4 pouces ½ d'épaiſſeur, & dont la tranſparence étoit telle qu'en oſant ce verre de 4 pouces ½ d'épaiſſeur ur un livre, on pouvoit lire à travers rès-aiſément les caractères les plus petits & les écritures de l'encre la plus blanche; e comparai le degré de tranſparence de cette matière avec celle des glaces de Saint-Gobin, priſes & réduites à diffé- rentes épaiſſeurs; un morceau de la matière de ces glaces de 2 pouces ½ d'é- paiſſeur ſur environ un pied de longueur & de largeur, que M. de Romilly me procura, étoit vert comme du marbre vert, & l'on ne pouvoit lire à travers; il fallut le diminuer de plus d'un pouce pour commencer à diſtinguer les caractères à travers ſon épaiſſeur, & enfin le réduire à 2 lignes ½ d'épaiſſeur pour que ſa tranſparence fût égale à celle de mon

morceau de 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaiſſeur; car on voyoit auſſi clairement les caractères du livre à travers ces 4 pouces $\frac{1}{2}$, qu'à travers la glace qui n'avoit que 2 lignes $\frac{1}{2}$. Voici la compoſition de ce verre dont la tranſparence eſt ſi grande.

Sable blanc criſtallin, *une livre.*
Minium ou chaux de plomb, *une livre.*
Potaſſe, *une demi-livre.*
Salpêtre, *une demi-once.*

Le tout mêlé & mis au feu ſuivant l'art.

J'ai donné à M. Caſſini de Thury, ce morceau de verre, dont on pouvoit eſpérer de faire d'excellens verres de lunette achromatique, tant à cauſe de ſa très-grande tranſparence que de ſa force réfringente, qui étoit très-conſidérable, vu la quantité de plomb qui étoit entrée dans ſa compoſition; mais M. de Thury ayant confié ce beau morceau de verre à des ouvriers ignorans, ils l'ont gâté au feu où ils l'ont remis mal-à-propos; je me ſuis repenti de ne l'avoir pas fait travailler moi-même, car il ne s'agiſſoit que de le trancher en lames, & la matière en étoit encore plus

ranſparente & plus nette que celle *flint-lafs* d'Angleterre, & elle avoit plus de orce de réfraction.

Avec 600 livres de cette même com-oſition, je voulois faire une lentille de .6 ou 27 pouces de diamètre & de 5 ieds de foyer. J'eſpérois pouvoir la ondre dans mon fourneau, dont à cet ffet j'avois fait changer la diſpoſition ntérieure; mais je reconnus bientôt que ela n'étoit poſſible que dans les plus rands fourneaux de verrerie, il me falloit ne maſſe de 3 pouces d'épaiſſeur ſur 27 ou 28 pouces de diamètre, ce qui ait environ un pied cube de verre; je lemandai la liberté de la faire couler à nes frais, à la manufacture de Saint-Gobin, mais les Adminiſtrateurs de cet tabliſſement ne voulurent pas me le ermettre; & la lentille n'a pas été faite. J'avois ſupputé que la chaleur de cette entille de 27 pouces ſeroit à celle de a lentille du Palais-royal, comme 19 ont à 6; ce qui eſt un très-grand effet, ttendu la petiteſſe du diamètre de cette entille, qui auroit eu 11 pouces de moins que celle du Palais-royal.

Cette lentille, dont l'épaiſſeur au poin
du milieu ne laiſſe pas d'être conſidérable
eſt néanmoins ce qu'on peut faire d
mieux pour brûler à 5 pieds : on pourro
même en augmenter le diamètre ; car j
ſuis perſuadé qu'on pourroit fondre &
couler également des pièces plus large
& plus épaiſſes dans les fourneaux o
l'on fond les grandes glaces, ſoit à Sain
Gobin, ſoit à Rouelle en Bourgogne
j'obſerve ſeulement ici qu'on perdro
plus par l'augmentation de l'épaiſſeu
qu'on ne gagneroit par celle de la ſurfac
du miroir, & que c'eſt pour cela qu
tout compenſé, je m'étois borné à 2
ou 27 pouces.

Newton a fait voir que quand le
rayons de lumière tomboient ſur le verre
ſous un angle de plus de 47 ou 4
degrés, ils ſont réfléchis au lieu d'êtr
réfractés ; on ne peut donc pas donne
à un miroir réfringent un diamètre plu
grand que la corde d'un arc de 47 o
de 48 degrés de la ſphère ſur laquell
il a été travaillé ; ainſi dans le cas préſen
pour brûler à 5 pieds, la ſphère ayan
environ 32 pieds de circonférence, l

iroir ne peut avoir qu'un peu plus de pieds de diamètre; mais dans ce cas auroit le double d'épaiſſeur de ma ntille de 26 pouces, & d'ailleurs les yons trop obliques ne ſe réuniſſent mais bien.

Ces loupes de verre ſolide ſont, de us les miroirs que je viens de propoſer, s plus commodes, les plus ſolides, les oins ſujets à ſe gâter, & même les plus uiſſans lorſqu'ils ſont bien tranſparens, ien travaillés, & que leur diamètre eſt ien proportionné à la diſtance de leur yer. Si l'on veut donc ſe procurer une upe de cette eſpèce, il faut combiner es différens objets, & ne lui donner, omme je l'ai dit, que 27 pouces de amètre pour brûler à 5 pieds, qui eſt ne diſtance commode pour travailler de ite & fort à l'aiſe au foyer; plus le verre ra tranſparent & peſant, plus ſeront rands les effets; la lumière paſſera en lus grande quantité en raiſon de la tranſ-arence, & ſera d'autant moins diſperſée, 'autant moins réfléchie, & par conſéquent 'autant mieux ſaiſie par le verre, & 'autant plus réfractée qu'il ſera plus

maſſif, c'eſt-à-dire, ſpécifiquement plu
peſant : ce ſera donc un avantage que d
faire entrer dans la compoſition de c
verre une grande quantité de plomb ; &
c'eſt par cette raiſon que j'en ai mi
moitié, c'eſt-à-dire, autant de miniu
que de ſable. Mais quelque tranſparen
que ſoit le verre de ces lentilles, leu
épaiſſeur dans le milieu eſt non-ſeulemen
un très-grand obſtacle à la tranſmiſſio
de la lumière, mais encore un empêche
ment aux moyens qu'on pourroit trouve
pour fondre des maſſes auſſi épaiſſes &
auſſi grandes qu'il le faudroit ; par exempl
pour une loupe de 4 pieds de diamètre
à laquelle on donneroit un foyer de cin
ou ſix pieds, qui eſt la diſtance la plu
commode, & à laquelle la lumière plon
geant avec moins d'obliquité, aura plu
de force qu'à de plus grandes diſtances
il faudroit fondre une maſſe de verre d
quatre pieds ſur ſix pouces & demi o
ſept pouces d'épaiſſeur, parce qu'on e
obligé de la travailler & de l'uſer mêm
dans la partie la plus épaiſſe. Or, il ſero
très-difficile de fondre & couler d'un ſeu
jet ce gros volume, qui ſeroit, comm
l'o

l'on voit, de cinq ou ſix pieds cubes, car les plus amples cuvettes des manufactures de glaces ne contiennent pas deux pieds cubes; les plus grandes glaces de 60 pouces ſur 120, en leur ſuppoſant 5 lignes d'épaiſſeur, ne font qu'un volume d'environ un pied cube trois quarts; l'on ſera donc forcé de ſe réduire à ce moindre volume, & à n'employer en effet qu'un pied cube & demi, ou tout au plus un pied cube trois quarts de verre pour en former la loupe, & encore aura-t-on bien de la peine à obtenir des maîtres de ces manufactures, de faire couler du verre à cette grande épaiſſeur, parce qu'ils craignent, avec quelque raiſon, que la chaleur trop grande de cette maſſe épaiſſe de verre ne faſſe fendre ou bourſoufler la table de cuivre ſur laquelle on coule les glaces, leſquelles n'ayant au plus que 5 lignes d'épaiſſeur *(u)*, ne communiquent

(u) On a néanmoins coulé à Saint-Gobin, & à ma prière, des glaces de ſept lignes, dont je me ſuis ſervi pour différentes expériences, il y a plus de vingt ans; j'ai remis dernièrement une de ces glaces de 38 pouces en quarré & de 7 lignes d'épaiſſeur à M. de Bernières, qui a entrepris de faire

à la table qu'une chaleur très-médiocre en comparaiſon de celle que lui feroit ſubir une maſſe de ſix pouces d'épaiſſeur.

V.

LENTILLES *à Échelons pour brûler avec la plus grande vivacité poſſible* (x).

JE viens de dire que les fortes épaiſſeurs qu'on eſt obligé de donner aux lentilles lorſqu'elles ont un grand diamètre & un foyer court, nuiſent beaucoup à leur effet ; une lentille de 6 pouces d'épaiſſeur dans le milieu & de la matière des glaces ordinaires ne brûle, pour ainſi dire, que par les bords. Avec du verre plus tranſparent, l'effet ſera plus grand, mais la partie du milieu reſte toujours en pure perte, la lumière ne pouvant en pénétrer & traverſer la trop grande épaiſſeur ; j'ai

---

des loupes à l'eau pour l'Académie des Sciences, & j'ai vu chez lui des glaces de 10 lignes d'épaiſſeur qui ont été coulées de même à Saint-Gobin : cela doit faire préſumer qu'on pourroit, ſans aucun riſque pour la table, en couler d'encore plus épaiſſes.

(x) Voyez les *planches XIV, XV & XVI*.

rapporté les expériences que j'ai faites sur la diminution de la lumière qui passe à travers différentes épaisseurs du même verre, & l'on a vu que cette diminution est très-considérable : j'ai donc cherché les moyens de parer à cet inconvénient, & j'ai trouvé une manière simple & assez aisée de diminuer réellement les épaisseurs des lentilles autant qu'il me plaît, sans pour cela diminuer sensiblement leur diamètre & sans alonger leur foyer.

Ce moyen consiste à travailler ma pièce de verre par échelons. Supposons, pour me faire mieux entendre, que je veuille diminuer de deux pouces l'épaisseur d'une lentille de verre qui a 26 pouces de diamètre, 5 pieds de foyer & 3 pouces d'épaisseur au centre; je divise l'arc de cette lentille en trois parties, & je rapproche concentriquement chacune de ces portions d'arc, en sorte qu'il ne reste qu'un pouce d'épaisseur au centre; & je forme de chaque côté un échelon d'un demi-pouce, pour rapprocher de même les parties correspondantes; par ce moyen, en faisant un second échelon, j'arrive à l'extrémité du diamètre, & j'ai une lentille

à échelons qui eſt à très-peu près du même foyer, & qui a le même diamètre, & près de deux fois moins d'épaiſſeur que la première, ce qui eſt un très-grand avantage.

Si l'on vient à bout de fondre une pièce de verre de 4 pieds de diamètre ſur deux pouces & demi d'épaiſſeur & de la travailler par échelons ſur un foyer de 8 pieds; j'ai ſupputé qu'en laiſſant même un pouce & demi d'épaiſſeur au centre de cette lentille & à la couronne intérieure des échelons, la chaleur de cette lentille ſera à celle de la lentille du Palais-royal, comme 28 ſont à 6, ſans compter l'effet de la différence des épaiſſeurs qui eſt très-conſidérable & que je ne puis eſtimer d'avance.

Cette dernière eſpèce de miroir réfringent eſt tout ce qu'on peut faire de plus parfait en ce genre; & quand même nous le réduirions à 3 pieds de diamètre ſur 15 lignes d'épaiſſeur au centre & 6 pieds de foyer, ce qui en rendra l'exécution moins difficile, on auroit toujours un degré de chaleur quatre fois au moins plus grand que celui des plus fortes

lentilles que l'on connoiſſe. J'oſe dire que ce miroir à échelons ſeroit l'un des plus utiles inſtrumens de Phyſique, je l'ai imaginé il y a plus de vingt-cinq ans, & tous les Savans auxquels j'en ai parlé deſireroient qu'il fût exécuté. On en tireroit de grands avantages pour l'avancement des Sciences ; & y adaptant un héliomètre, on pourroit faire à ſon foyer toutes les opérations de la Chimie auſſi commodément qu'on le fait au feu des fourneaux, &c.

EXPLICATION DES FIGURES *qui repréſentent le fourneau dans lequel j'ai fait courber des Glaces pour faire les miroirs ardens de différentes eſpèces.*

LA *planche 1* eſt le plan du fourneau, au rez-de-chauſſée, où l'on voit *HKB* un vuide qui ſauve les inconvéniens du terre-plein ſous l'âtre du fourneau ; ce vuide eſt couvert d'une voûte, comme on le verra dans les figures ſuivantes.

ER les cendriers, diſpoſés en ſorte que l'ouverture de l'un eſt dans la face où ſe trouve le vent de l'autre.

L L deux contre-forts qui affermiſſent la maçonnerie du fourneau.

M M deux autres contre-forts, dont l'usage est le même que celui de ceux ci-dessus, & qui n'en diffèrent que parce qu'ils sont un peu arrondis.

G G G G plans de quatre barres de fer qui affermissent le fourneau, ainsi qu'il sera expliqué ci-après.

La *planche II* est l'élévation d'une des faces parallèles à la ligne *C D* du plan précédent.

H K l'ouverture pratiquée dans l'âtre du fourneau, afin qu'il ne s'y trouve point d'humidité.

C C la bouche ou grande ouverture du fourneau.

A la petite ouverture pratiquée dans la face opposée, laquelle est toute semblable à celle que la *même planche* représente, à cette différence près, que l'ouverture est plus petite.

M m un des contre-forts arrondis, à côté duquel on voit le vent.

R ouverture par où l'air extérieur passe sous la grille du foyer.

E le cendrier, *N* le foyer, *P* la porte qui le ferme.

L l un contre-fort quarré.

G O, G O deux des barres de fer scellées en terre, & qui sont unies à celles qui sont posées à l'autre face par les liens de fer *D*, ainsi que l'on verra dans une des figures suivantes.

O O deux barres de fer qui unissent ensemble

les deux barres *GO, GO* & retiennent la voûte de l'ouverture *CC* qui eſt bombée.

mDBDl la voûte commune du fourneau & des foyers, dont la figure eſt ellipſoïde, l'arrangement des briques & autres matériaux qui compoſent le fourneau ſe connoît aiſément par la figure.

La *planche III* eſt la vue extérieure du fourneau par une des faces parallèles à la ligne *AB* du plan.

LL, MM contre-forts.

HK extrémités de l'ouverture ſous l'âtre du fourneau.

A la petite ouverture, *C* la grande.

GOD, GOD les barres de fer dont on a parlé, qui ſont unies enſemble par le lien *DD.*

Les liens *DD* couchés ſur la voûte *DBD* ſont unis enſemble par un troiſième lien de fer.

P eſt la porte de fer qui ferme le foyer.

Les figures précédentes font connoître l'extérieur du fourneau. L'intérieur plus intéreſſant eſt repréſenté dans les planches ſuivantes.

La *planche IV* eſt une coupe horizontale du fourneau par le milieu de la grande bouche.

X eſt l'âtre que l'on a rendu concave ſphérique.

EE les deux grilles qui ſéparent le foyer du cendrier, & ſur leſquelles on met le charbon ; on a ſuppoſé que la voûte étoit tranſparente, pour mieux faire voir la direction des barreaux qui compoſent les grilles.

A la petite ouverture, *CC* la grande.

DD les marges, *L M, L M* les contre-forts.

La *planche V* eſt la coupe verticale du fourneau ſuivant la ligne *C D* du plan, ou ſelon le grand axe de l'ellipſoïde dont la voûte a la figure.

Z le vuide ſous l'âtre du fourneau.

G X K cavité ſphérique pratiquée dans l'âtre du fourneau, & ſur laquelle la glace *G K* qui a été arrondie eſt poſée, & dont elle doit prendre exactement la figure après qu'elle aura été ramollie par le feu.

FF les grilles ou foyers au-deſſous deſquelles ſont les cendriers.

D D les marges qui empêchent les bords de la glace du côté des foyers d'être trop tôt atteints par le feu.

C B C la voûte, *CC* lunettes que l'on ouvre ou ferme à volonté en les couvrant d'un carreau de terre cuite, *L M* contre-forts.

La *planche VI* repréſente la coupe du fourneau par un plan vertical qui paſſe par la ligne *A B* du plan.

H K L le vuide ſous l'âtre du fourneau.

G X K cavité ſphérique pratiquée dans l'âtre du fourneau, & ſur laquelle la glace *X* eſt déjà appliquée.

D D une des marges, *P* la grande ouverture, *Q* la petite, *C C C* lunettes.

C B C la voûte coupée tranſverſalement ou ſelon le petit axe de l'ellipſoïde. On jugera de

la grandeur de chaque partie de ce ſourneau par les échelles qui ſont au bas de chaque figure, qui ont été exactement levées ſur le fourneau qui étoit au Jardin royal des plantes, par M. Gouſſier.

GRAND MIROIR DE RÉFLEXION, appelé MIROIR D'ARCHIMÈDE.

Planche VII, figure 1.

CE miroir eſt compoſé de trois cents ſoixante glaces montées ſur un chaſſis de fer *C D E F*, chaque glace eſt mobile pour que les images réfléchies par chacune, puiſſent être renvoyées vers le même point, & coïncider dans le même eſpace.

Le chaſſis qui a deux tourillons, eſt porté par une pièce de fer compoſée de deux montans *M B, L A* aſſemblés à tenons & mortoiſes dans la couche *Z O*; ils ſont aſſujettis dans cette ſituation par la traverſe *a b*, & par trois étais à chacun *N P, Q P, O P*, fixés en *P* dans le corps du montant *M B*, & aſſemblés par le bas dans une courbe *N O Q* qui leur ſert d'empattement; ces courbes ont des entailles *N Q, I U* qui reçoivent des roulettes, au moyen deſquelles cette machine, quoique fort peſante, peut tourner librement ſur le plancher de bois *X X Y* étant aſſujettie au centre de cette plate-forme par l'axe *R S* qui paſſe dans les deux traverſes *Z O, a b*; chaque montant

porte auſſi à ſa partie inférieure une roulette, en ſorte que toute la machine eſt portée par dix roulettes; la plate-forme de bois eſt recouverte de bandes de fer dans la rouette des roulettes; ſans cette attention la plate-forme ne ſeroit pas de longue durée.

La plate-forme eſt portée par quatre fortes roulettes de bois, dont l'uſage eſt de faciliter le tranſport de toute la machine d'un lieu à un autre.

Pour pouvoir varier à volonté les inclinaiſons du miroir, & pouvoir l'aſſujettir dans la ſituation que l'on juge à propos, on a adapté la cremaillière *FG* qui eſt unie avec des cercles, dont le tourillon *B* eſt le centre; cette cremaillière eſt menée par un pignon en lanterne, dont la tige *bH* traverſe le montant & un des étais, & eſt terminée par une manivelle *HK*, au moyen de laquelle on incline ou on redreſſe le miroir à diſcrétion.

Juſqu'à préſent nous n'avons expliqué que la conſtruction générale du miroir; reſte à expliquer par quel artifice on parvient à faire que les images différentes, réfléchies par les différens miroirs, ſont toutes renvoyées au même point, & c'eſt à quoi ſont deſtinées les figures ſuivantes.

Planche VIII, figure 2.

XZ une portion des barres qui occupent le derrière du miroir; ces barres ſont au nombre de vingt, & diſpoſées horizontalement, en ſorte

que leur plan eſt parallèle au plan du miroir; chacune de ces barres a dix-huit entailles *TT*, & le même nombre d'éminences *VV* qui les ſéparent: ces barres ſont aſſujetties aux côtés verticaux du chaſſis du miroir par des vis, & entr'elles par trois ou quatre barres verticales, auxquelles elles ſont aſſujetties par des vis; vis-à-vis de chaque entaille *TT* il y a des poupées *TA*, *TD* qui y ſont fixées par les écrous *GA* qui prennent la partie taraudée de la queue de la poupée après qu'elle a traverſé l'épaiſſeur de la barre; les parties ſupérieures de chaque poupée, qui ſont percées, ſervent de collets aux tourillons de la croix dont nous allons parler; cette croix repréſentée *figures 3 & 5*, eſt un morceau de cuivre ou de fer, dont la figure fait connoître la forme.

CD les tourillons qui entrent dans les trous pratiqués à chaque poupée, en ſorte qu'elle ſe peut mouvoir librement dans ces trous.

La vis *ML* après avoir traverſé l'éminence *V*, va s'appuyer en-deſſous contre l'extrémité inférieure *B* du croiſillon *BA*, en même temps le reſſort *K* va s'appliquer contre l'autre extrémité *A* du même croiſillon; en ſorte que lorſque l'on fait tourner la vis en montant, le reſſort en ſe rétabliſſant, fait que la partie *B* du croiſillon ſe trouve toujours appliquée ſur la pointe de la vis: il réſulte de cette conſtruction un mouvement de gingîime ou charnière, dont l'axe eſt *BC*, *figure 2*.

Ce ſeul mouvement ne ſuffiſant pas, on en a pratiqué un autre, dont l'axe de mouvement croiſe à angle droit le premier.

Aux deux extrémités *A* & *B* du croiſillon *A B*, on a adapté deux petites poupées *B H*, *A K*, *figure 5*, retenues comme les précédentes par des vis & des écrous.

Les trous *H K* qui ſont aux parties ſupérieures de ces poupées, reçoivent les tourillons *D C*, *figure 4*, d'une plaque de fer que nous avons appelée *porte-glace*, qui peut ſe mouvoir librement ſur les poupées, & s'incliner à l'axe *C D* du premier mouvement par le moyen de la vis *F G*, pour laquelle on a réſervé un boſſage *E* dans le croiſillon *A B*, afin de lui ſervir d'écrous dormans ; cette vis s'applique par *E* contre la partie *D B C* du porte-glace, & force cette partie à monter lorſqu'on tourne la vis; mais lorſqu'on vient à lâcher cette vis, le reſſort *A L* qui s'applique contre la partie *D A C* du porte-glace, le force à ſuivre toujours la pointe de la vis: au moyen de ces deux mouvemens de ginglime, on peut donner à la glace qui eſt reçue par les crochets *A C B* du porte-glace, telle direction que l'on ſouhaite, & par ce moyen faire coïncider l'image du Soleil réfléchie par une glace, avec celle qui eſt réfléchie par une autre.

Planche IX.

La *figure 6* repréſente le porte-glace vu par-derrière, où l'on voit la vis *F E G* qui

s'applique en *G* hors de l'axe de mouvement *H K,* & le reſſort *L* qui s'applique en *L* de l'autre côté de l'axe de mouvement.

La *figure 7* repréſente le porte-glace vu en-deſſus, & garni de la glace *A C B D,* le reſte eſt expliqué dans les autres figures.

MIROIR DE RÉFLEXION rendu concave par la preſſion d'une vis appliquée au centre.

Planche X.

LA *figure 1* repréſente le miroir monté ſur ſon pied, *B D C* la fourchette qui porte le miroir; cette fourchette eſt mobile dans l'axe vertical, & eſt retenue ſur le pied à trois branches *F F F* par l'écrou *G.*

D E le régulateur des inclinaiſons.

A la tête de la vis placée au centre du miroir, & rendu concave par ſon moyen.

La *figure 2* repréſente le miroir vu par ſa partie poſtérieure, *B C* les tourillons qui entrent dans les collets de la fourchette.

F G une barre de fer fixée ſur l'anneau de même métal, qui entoure la glace : cette barre ſert de point d'appui à la vis *D E* qui comprime la glace.

B H C K l'anneau ou cercle de fer ſur lequel la glace eſt appliquée; ce cercle doit être exactement plan & parfaitement circulaire : on

couvre la partie ſur laquelle la glace s'applique avec de la peau, du cuir ou de l'étoffe, pour que le contact ſoit plus immédiat, & que la glace ne ſoit point expoſée à rompre.

MIROIR DE RÉFLEXION, *rendu concave par la preſſion de l'Atmoſphère.*

Planche XI.

CE miroir conſiſte en un tambour ou cylindre, dont une des baſes eſt la glace, & l'autre une plaque de fer.

A B, figure 1, la glace parfaitement plane, *C* une lentille taillée dans l'épaiſſeur même de la glace.

A E ou *B M* la hauteur du cylindre aux extrémités du diamètre horizontal *TL,* duquel ſortent deux tourillons qui entrent dans les yeux de la fourchette, ainſi qu'il eſt expliqué en parlant du miroir de réfraction.

MO le régulateur des inclinaiſons.

N le collet par lequel il paſſe & la vis qui ſert à l'y fixer.

NRSPQ le pied qui eſt ſemblable à celui du miroir de réfraction, à cette différence près, qu'il eſt de bois, & que les pièces ont un contour moins orné, du reſte ſa fonction eſt la même.

Figure 2 eſt le profil du miroir coupé par un plan qui paſſe par l'axe du cylindre, & auquel on ſuppoſe que l'œil eſt perpendiculaire.

A B la glace dont on voit l'épaiſſeur.

C la lentille qui y eſt entaillée & dont le foyer tombe ſur le point *c*.

E D la baſe du cylindre qui eſt une plaque de fer.

A E, B D la hauteur & la coupe de la ſurface cylindrique.

c m une mèche ſoufrée que l'on fait entrer dans la cavité du miroir après avoir ôté la vis *K* dont l'écrou eſt un cube ſolidement attaché à la plaque de fer qui ſert de fond au miroir.

G la même vis repréſentée ſéparément, *H* une rondelle de cuir que l'on met entre la tête de la vis & ſon écrou pour fermer entièrement le paſſage à l'air.

a b c la courbure que la glace prend après que l'air que le cylindre contient, a été conſommé par la flamme de la bougie *c m*, à laquelle la lentille *C* a mis le feu.

D F le régulateur des inclinaiſons qui eſt aſſemblé à charnière au point *D*.

E m K, K m D, règles de fer poſées de champ ſur la baſe du cylindre & qui y ſont fortement aſſujetties; leur uſage eſt pour fortifier la plaque & la mettre en état de réſiſter au poids de l'atmoſphère, qui la comprime auſſi-bien que la glace; cette conſtruction eſt repréſentée dans une autre figure, *Planche XII*.

AUTRE MIROIR DE RÉFLEXION.

Planche XII.

IL consiste aussi en un cylindre ou tambour de fer, dont une des bases est une glace parfaitement plane; la base opposée, & qui est celle que la *figure 1* présente, est une plaque de fer qui est fortifiée par les règles de fer posées de champ *EG, FH, EK*. On vuide l'air que le cylindre contient par la pompe *BC*, qui est affermie sur la plaque de fer par les collets *xx*.

A l'extrémité supérieure du piston.

E un cube de cuivre solidement fixé sur la plaque; ce cube est porté en travers pour recevoir le robinet *F*, au moyen duquel on ouvre ou on ferme la communication de l'intérieur du cylindre avec la pompe.

LM, mn la fourchette sur laquelle le miroir est monté & qui est mobile dans l'arbre *MO*.

MPRQ le pied qui a seulement trois branches, ce qui fait qu'il porte toujours à plomb, même sur un plan inégal.

La *figure 2* représente le miroir coupé, suivant la ligne *GH*, & duquel on suppose que l'on a pompé l'air.

XVZ la glace que la pression de l'atmosphère a rendue concave.

HG la plaque de fer qui sert de fond au cylindre.

LN les tourillons.

F E le robinet.

E G, F H les règles de champ qui maintiennent la plaque.

Les *figures 3 & 4* repréſentent en grand la coupe du cube dans lequel paſſe le robinet, ce cube eſt ſuppoſé coupé par un plan perpendiculaire à la plaque & qui paſſe par la pompe.

c partie du canal coudé pratiqué dans le cube qui communique à l'intérieur du miroir.

b portion du même canal qui communique à la pompe.

a le robinet qui ſe trouve coupé perpenpendiculairement à ſon axe.

La *figure 3* repréſente la ſituation du robinet lorſque la communication eſt ouverte, la portion *m* du canal ſe préſente vis-à-vis les ouvertures *b, c.*

La *figure 4* repréſente la ſituation du robinet, lorſque la communication eſt fermée, alors la partie *m* du canal ne ſe préſente plus vis-à-vis les mêmes ouvertures.

LENTILLE À L'EAU.

Planche XIII.

FIGURE 1. Le miroir entier monté ſur ſon pied.

A B M C le miroir compoſé de deux glaces convexes, aſſujetties l'une contre l'autre par le chaſſis ou cadre circulaire *A B M C.*

B C extrémités de la fourchette de fer qui

porte ce miroir. Les extrémités de cette fourchette ſont percées d'un trou cylindrique pour recevoir les tourillons dont le chaſſis du miroir eſt garni & ſur leſquels il ſe meut pour varier les inclinaiſons.

BKC la fourchette.

KFiGH le pied qui porte le miroir; il eſt composé de pluſieurs pièces.

KL l'arbre ou poinçon qui s'appuie par ſa partie inférieure ſur la croix *HI, FG*; il eſt fixé dans la ſituation verticale par les quatre étais ou jambes de forces *KG, KH, KF, KI* qui ſont de fer & auxquelles on a donné un contour agréable.

fghi les roulettes.

Figure 2. Coupe ou profil du miroir dans laquelle on ſuppoſe que l'œil eſt placé dans le plan qui ſépare les deux glaces.

XZ les deux glaces qui étant réunies forment une lentille.

or le plan qui ſépare les deux glaces.

bm coupe du chaſſis ou anneau qui retient les glaces unies enſemble; cet anneau eſt composé de deux pièces qui s'aſſujettiſſent l'une à l'autre par des vis & entre leſquelles les glaces ſont maſtiquées.

a une petite bouteille à deux cols, l'un deſquels communique au vuide que les deux glaces laiſſent entre elles par un canal pratiqué entre les deux glaces & qui eſt entaillé moitié dans l'une & moitié dans l'autre.

Figure 3. BDC la fourchette de fer qui porte le miroir.

DE tige de la fourchette qui entre dans un trou vertical pratiqué à l'axe ou arbre *KL* du pied, en forte que l'on peut préfenter fucceffivement la face du miroir à tous les points de l'horizon.

D collet dans lequel paffe le régulateur des inclinaifons que l'on y fixe par une vis.

Lentille à Échelons.

Planche XIV.

AB bordure circulaire pour contenir ce miroir à échelons.

CC tourillons qui paffent dans les trous percés horizontalement à la partie fupérieure de la fourchette *DD;* à fa partie inférieure, tient une tige auffi de fer, que l'on ne voit point ici, étant entrée perpendiculairement, mais un peu à l'aife dans l'arbre *E* afin de pouvoir tourner à droite & à gauche.

L'arbre *E* eft attaché folidement à fon pied, qui eft fait en croix, dont on ne peut voir ici que trois de fes côtés indiqués *FFF.*

GGG jambages de force ou étais de fer pour la folidité.

HHH roulettes deffous les pieds pour ranger facilement ce miroir à la direction que l'on juge à propos.

La *Planche XV* repréfente ce même miroir

à échelons en perſpective, tourné vers le Soleil pour mettre le feu.

A B bordure circulaire qui contient la glace à échelons.

CC tourillons qui paſſent dans les trous percés à la partie ſupérieure de la fourchette *DD*.

À la partie inférieure de la fourchette, qui eſt de fer, tient une tige cylindrique de même métal qui entre juſte dans l'arbre; mais non trop ſerrée pour qu'elle puiſſe avoir un jeu doux, propre à pouvoir tourner à droite ou à gauche pour la diriger comme on le deſire.

E l'arbre dans lequel entre cette tige.

FFFF les quatre pieds en croix ſur laquelle eſt attaché ſolidement l'arbre.

GGGG les quatre jambes de force, auſſi de fer.

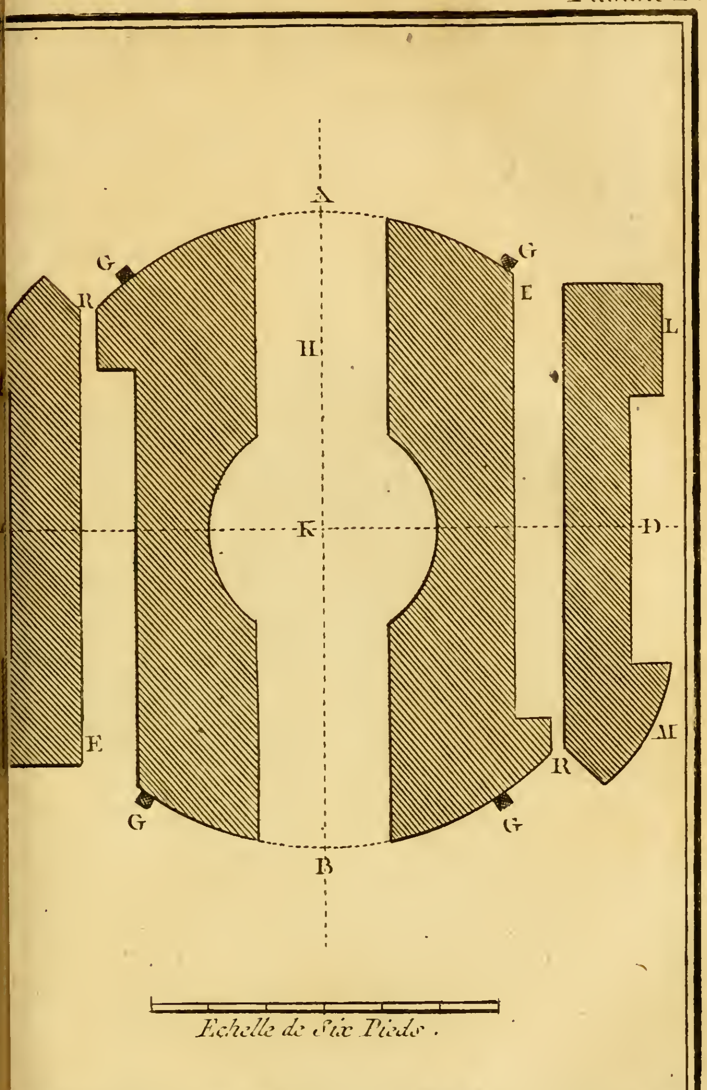
H le feu actif tiré du Soleil par la conſtruction de ce miroir.

III roulettes de deſſous les pieds du porte-miroir.

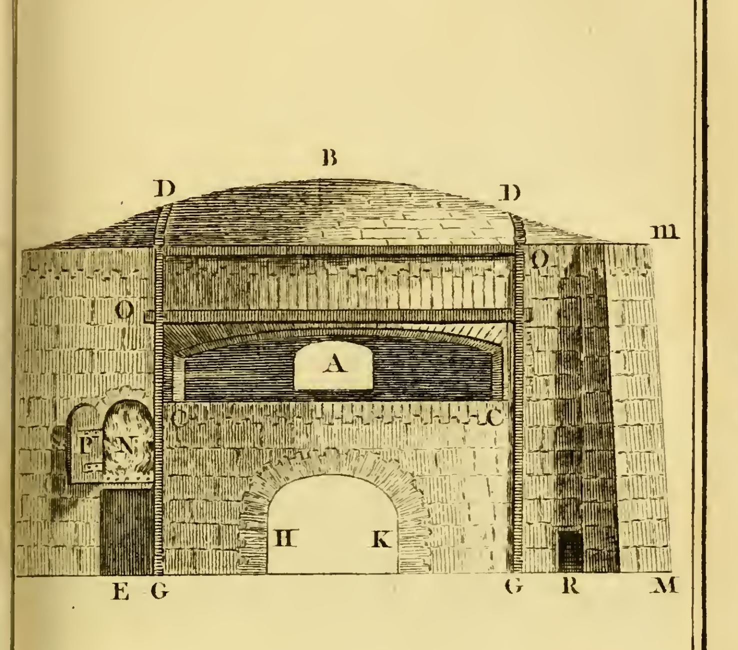
La *Planche XVI* repréſente les coupes de trois miroirs à échelons, dont le plus facile à exécuter ſeroit celui de la *figure 1.re* Leur échelle eſt de ſix pouces de pied-de-roi pour pied-de-roi.



Planche I.

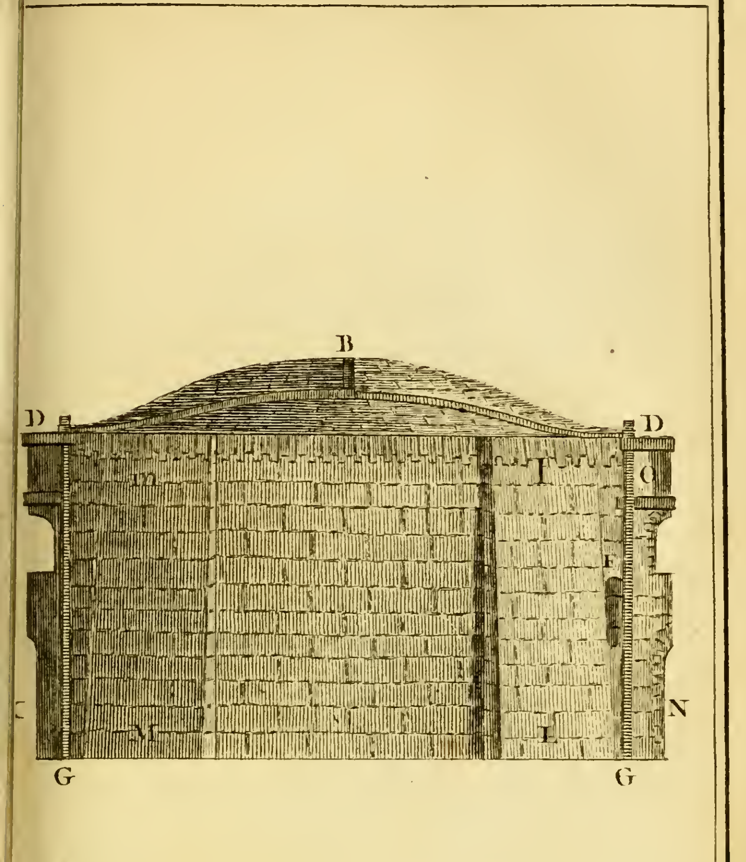






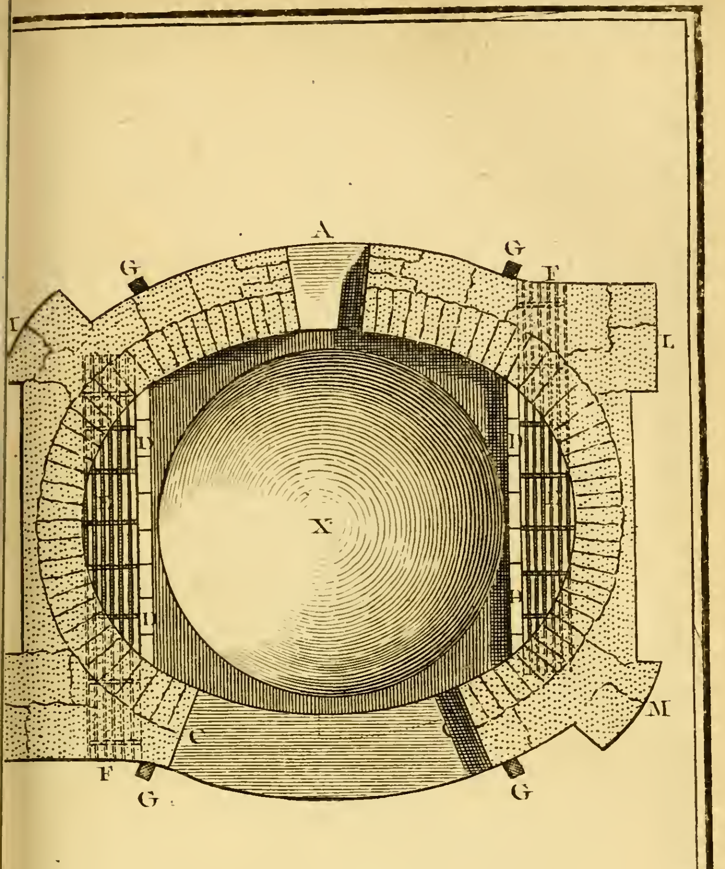
Echelle de six pieds.





Echelle de six pieds.

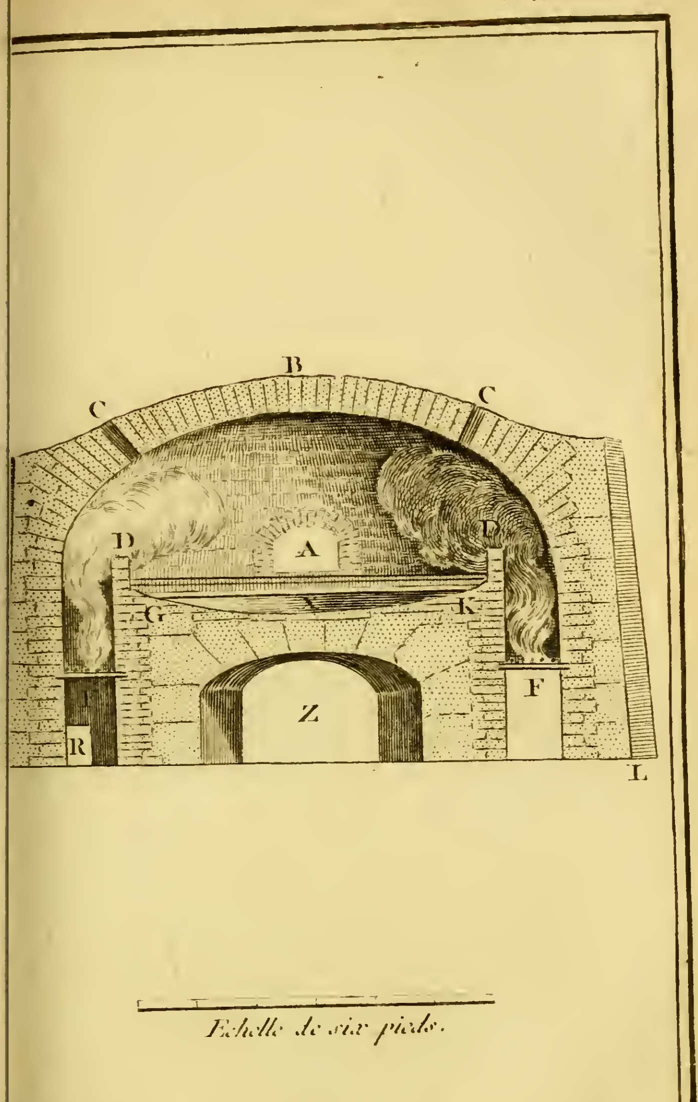
Planche II.

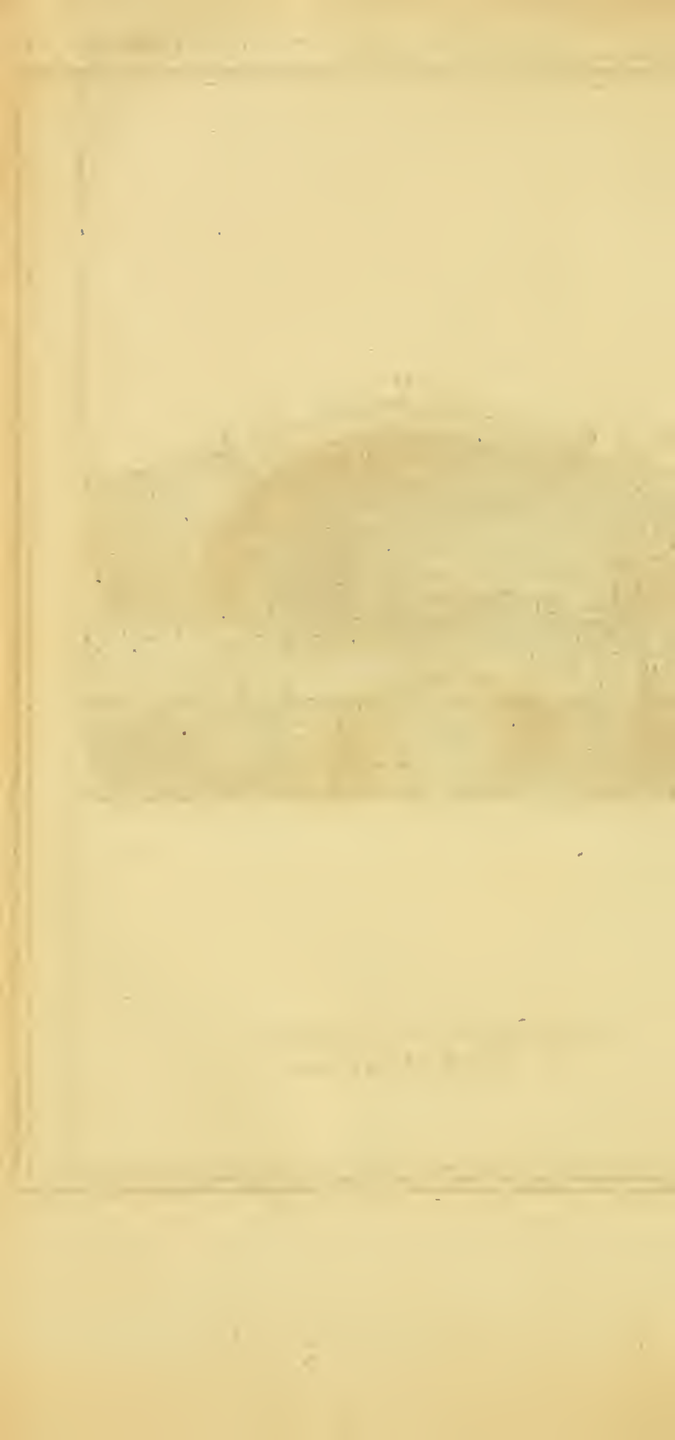


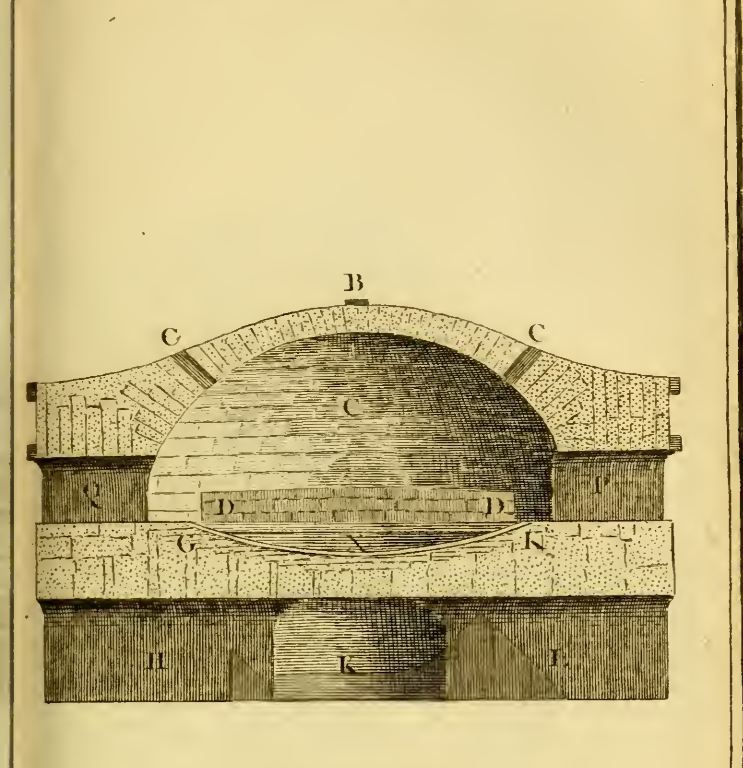
Echelle de Six Pieds.



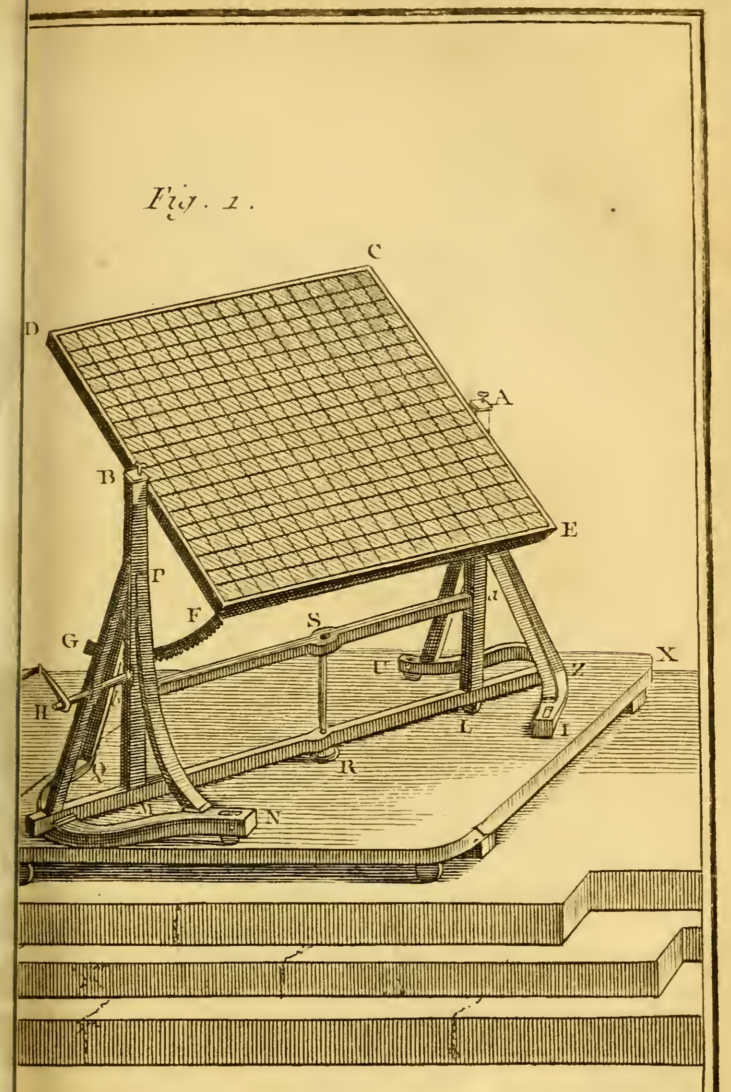
Planche V.

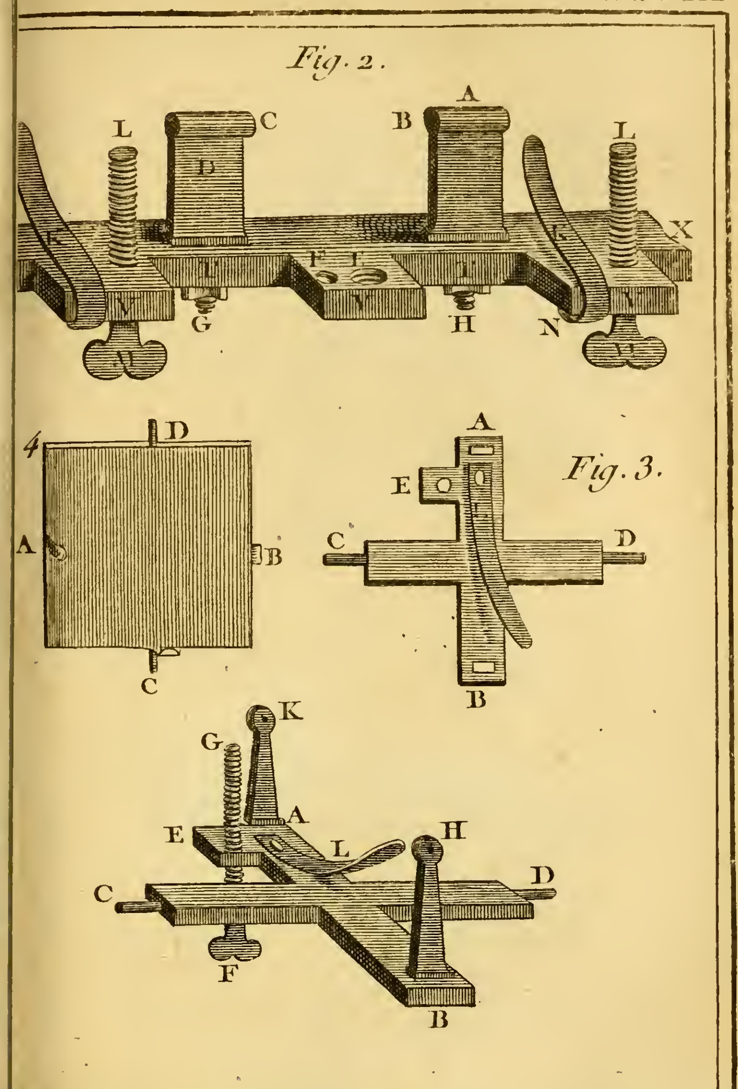


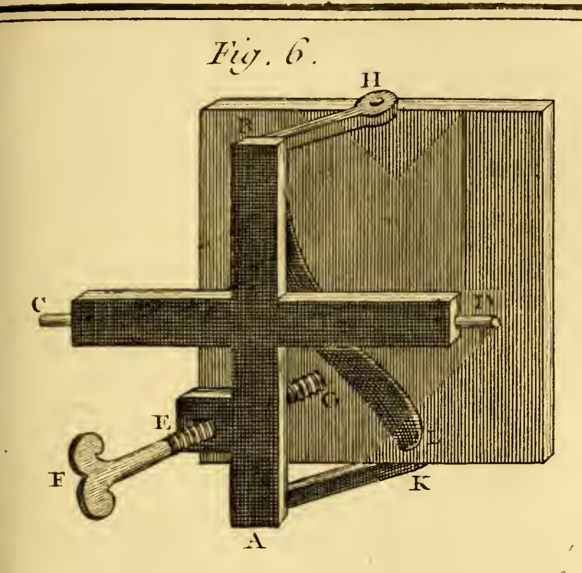


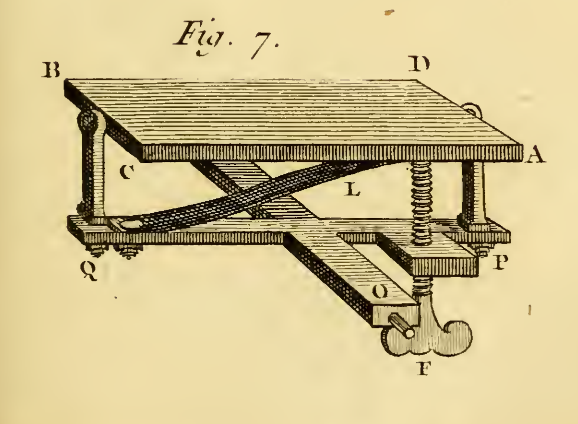


Echelle de six pieds.


Fig. 1.
C
D
A
B
E
P
a
F
S
G
X
U
Z
H
L
I
R
N


Fig. 2.
A
B
C
L
L
D
X
F
G
H
N
4
D
A
B
C
Fig. 3.
A
E
C
D
B
K
G
A
E
H
L
C
D
F
B


Fig. 6.
H
B
C
D
G
E
F
I
K
A


Fig. 7.
B
D
A
C
L
Q
P
O
F

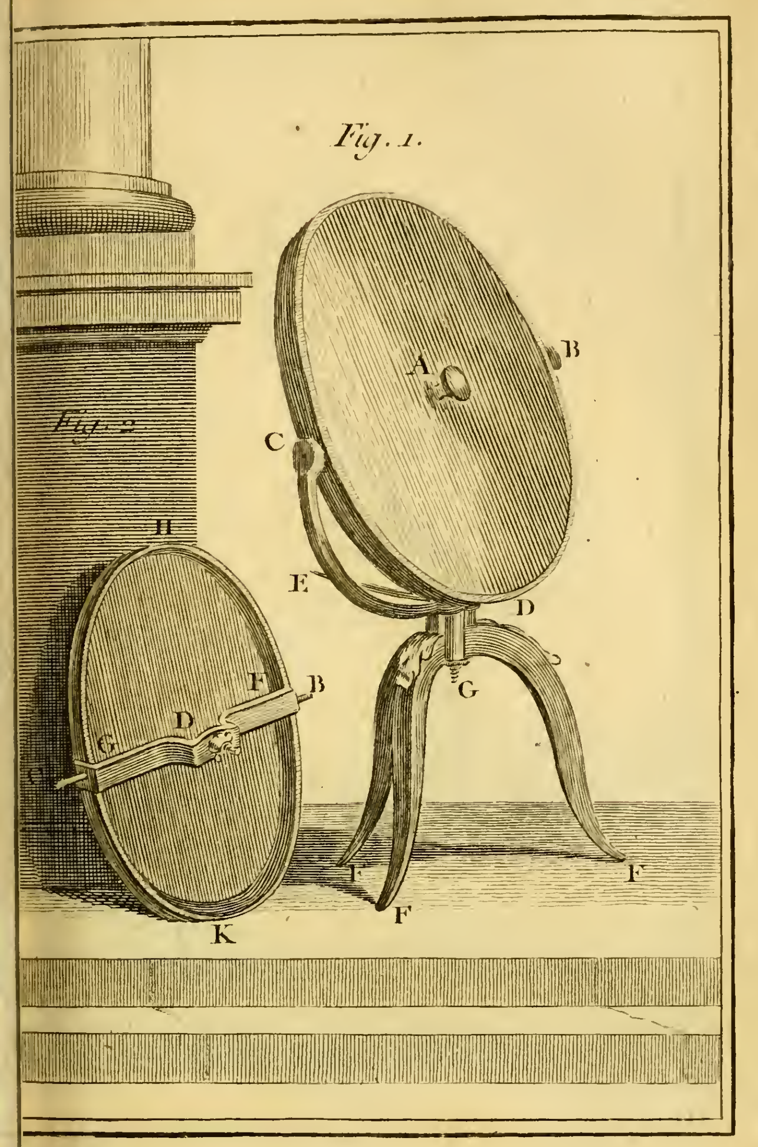
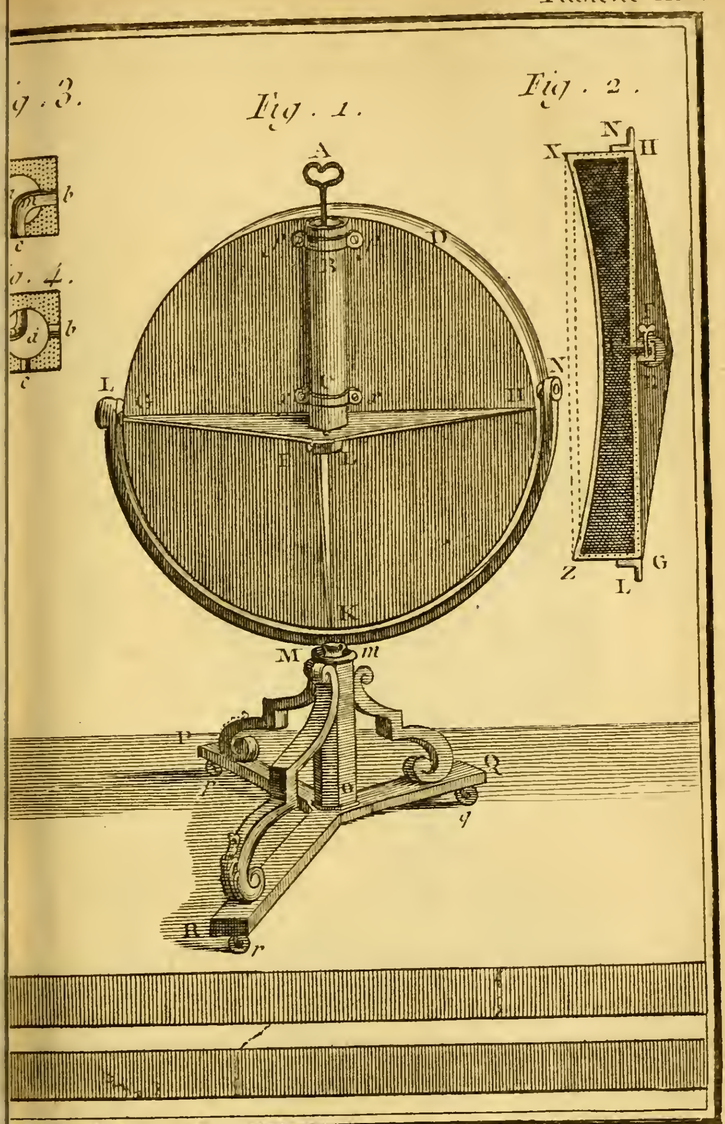
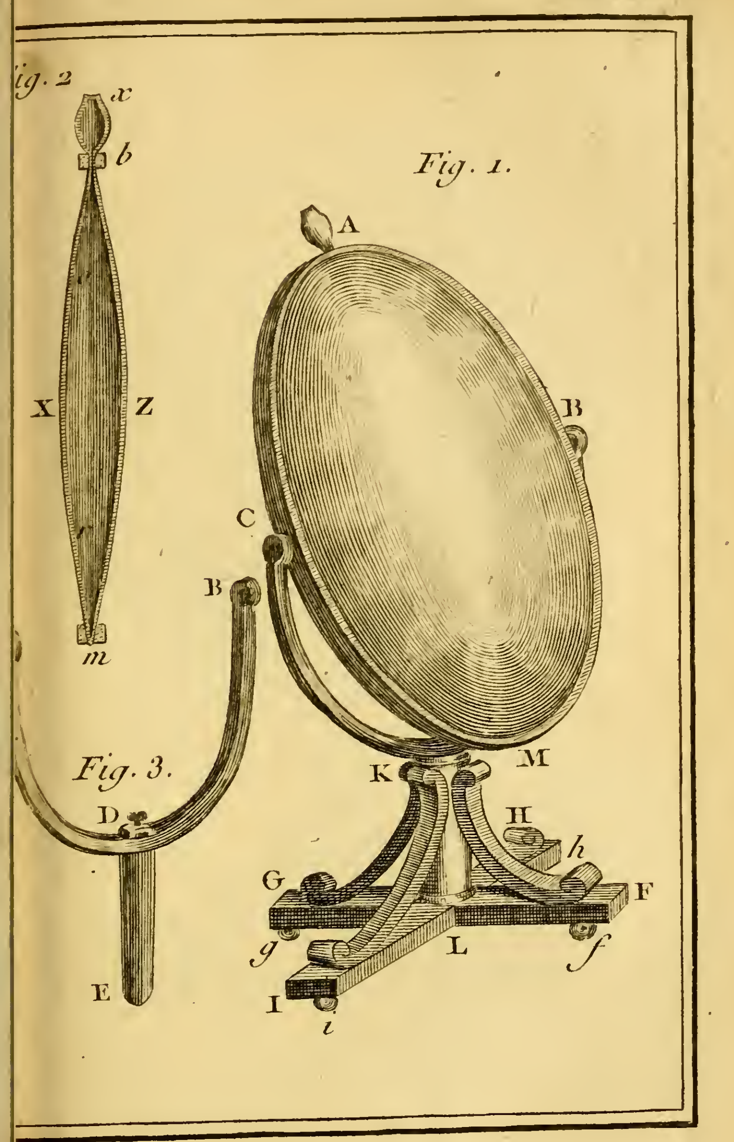

Fig. 1.
A
B
C
E
D
G
F
F
F
Fig. 2
H
F
B
D
G
K

Fig. 1.

. 2.



g. 3.
Fig. 1.
Fig. 2.
A
D
L
H
N
K
M
m
P
Q
O
q
R
r
X
H
Z
G
L
b
c
g. 4.
a
b
c


Fig. 2
x
b
X
Z
m
Fig. 1.
A
B
C
M
K
H
h
G
F
g
L
f
I
i
B
Fig. 3.
D
E

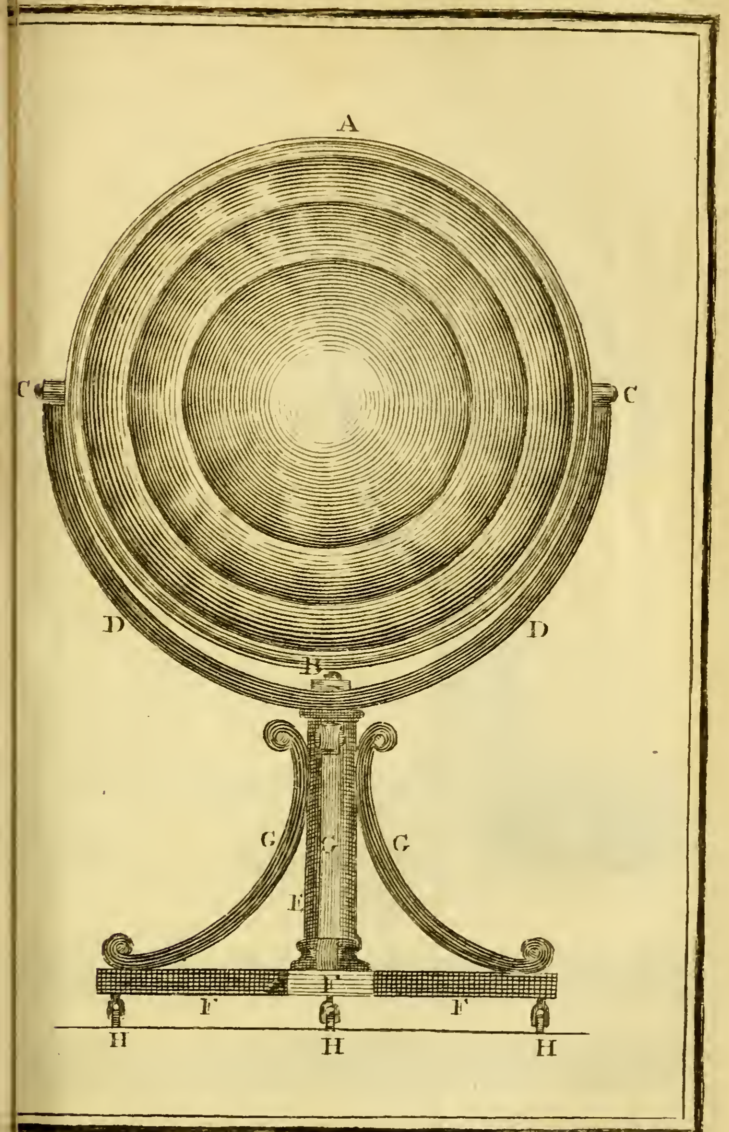

A
C
C
D
D
B
G
G
E
F
F
F
H
H
H

Fig: 1.
6. pieds de Foyer.

Fig. 2.
8. pieds de Foyer.

Fig. 3.

Echelle de deux pieds.

1 2

SEPTIÈME MÉMOIRE.

BSERVATIONS sur les couleurs accidentelles, & sur les ombres colorées.

QUOIQU'ON se soit beaucoup occupé ıns ces derniers temps de la physique es couleurs, il ne paroît pas qu'on ait it de grands progrès depuis Newton: e n'est pas qu'il ait épuisé la matière, ıais la plupart des Physiciens ont plus availlé à le combattre qu'à l'entendre, quoique ses principes soient clairs, & s expériences incontestables, il y a si eu de gens qui se soient donné la peine 'examiner à fond les rapports & l'en- emble de ses découvertes, que je ne rois pas devoir parler d'un nouveau enre de couleurs, sans avoir auparavant onné des idées nettes sur la production es couleurs en général.

Il y a plusieurs moyens de produire es couleurs, le premier est la réfraction

un trait de lumière qui passe à travers un prisme se rompt & se divise de façon qu'il produit une image colorée, composée d'un nombre infini de couleurs, & les recherches qu'on a faites sur cette image colorée du Soleil, ont appris que la lumière de cet astre est l'assemblage d'une infinité de rayons de lumière différemment colorés; que ces rayons ont autant de différens degrés de réfrangibilité que de couleurs différentes, & que la même couleur a constamment le même degré de réfrangibilité. Tous les corps diaphanes dont les surfaces ne sont pas parallèles, produisent des couleurs par la réfraction; l'ordre de ces couleurs est invariable, & leur nombre quoiqu'infini a été réduit à sept dénominations principales, *violet*, *indigo*, *bleu*, *vert*, *jaune*, *orangé*, *rouge*, chacune de ces dénominations répond à un intervalle déterminé dans l'image colorée qui contient toutes les nuances de la couleur dénommée; de sorte que dans l'intervalle rouge on trouve toutes les nuances de rouge, dans l'intervalle jaune toutes les nuances de jaune, &c. & dans les confins de ces intervalles les

ouleurs intermédiaires qui ne sont ni aunes ni rouges, &c. C'est par de bonnes aisons que Newton a fixé à sept le nombre les dénominations des couleurs; l'image colorée du Soleil qu'il appelle *le spectre solaire*, n'offre à la première vue que cinq couleurs, violet, bleu, vert, jaune & rouge, ce n'est encore qu'une décomposition imparfaite de la lumière, & une représentation confuse des couleurs. Comme cette image est composée d'une infinité de cercles différemment colorés qui répondent à autant de disques du Soleil; & que ces cercles anticipent beaucoup les uns sur les autres, le milieu de tous ces cercles est l'endroit où le mélange des couleurs est le plus grand, & il n'y a que les côtés rectilignes de l'image où les couleurs soient pures; mais comme elles sont en même temps très-foibles, on a peine à les distinguer, & on se sert d'un autre moyen pour épurer les couleurs: c'est en rétrécissant l'image du disque du Soleil, ce qui diminue l'anticipation des cercles colorés les uns sur les autres, & par conséquent le mélange des couleurs; dans ce spectre de lumière

épurée & homogène, on voit très-bien les ſept couleurs; on en voit même beaucoup plus de ſept avec un peu d'art; car en recevant ſucceſſivement ſur un fil blanc les différentes parties de ce ſpectre de lumière épurée, j'ai compté ſouvent juſqu'à dix-huit ou vingt couleurs dont la différence étoit ſenſible à mes yeux. Avec de meilleurs organes ou plus d'attention, on pourroit encore en compter davantage; cela n'empêche pas qu'on ne doive fixer le nombre de leur dénomination à ſept, ni plus ni moins; & cela par une raiſon bien fondée, c'eſt qu'en diviſant le ſpectre de lumière épurée en ſept intervalles, & ſuivant la proportion donnée par Newton, chacun de ces intervalles contient des couleurs qui, quoique priſes toutes enſemble, ſont indécompoſables par le priſme & par quelqu'art que ce ſoit, ce qui leur a fait donner le nom de *couleurs primitives :* Si au lieu de diviſer le ſpectre en ſept, on ne le diviſe qu'en ſix, ou cinq, ou quatre, ou trois intervalles, alors les couleurs contenues dans chacun de ces intervalles ſe décompoſent par le priſme, & par conſéquent ces couleurs

couleurs ne ſont pas pures, & ne doivent pas être regardées comme couleurs primitives. On ne peut donc pas réduire les couleurs primitives à moins de ſept dénominations, & on ne doit pas en admettre un plus grand nombre, parce qu'alors on diviſeroit inutilement les intervalles en deux ou pluſieurs parties, dont les couleurs ſeroient de la même nature, & ce ſeroit partager mal-à-propos une même eſpèce de couleur, & donner des noms différens à des choſes ſemblables.

Il ſe trouve par un haſard ſingulier, que l'étendue proportionnelle de ces ſept intervalles de couleurs, répond aſſez juſte à l'étendue proportionnelle des ſept tons de la muſique, mais ce n'eſt qu'un haſard dont on ne doit tirer aucune conſéquence; ces deux réſultats ſont indépendans l'un de l'autre, & il faut ſe livrer bien aveuglément à l'eſprit de ſyſtème pour prétendre, en vertu d'un rapport fortuit, ſoumettre l'œil & l'oreille à des loix communes, & traiter l'un de ces organes par les règles de l'autre, en imaginant qu'il eſt poſſible de faire un concert aux yeux ou un payſage aux oreilles.

Ces ſept couleurs, produites par la réfraction, ſont inaltérables, & contiennent toutes les couleurs & toutes les nuances de couleurs qui ſont au monde; les couleurs du priſme, celles des diamans, celles de l'arc-en-ciel, des images des halos, dépendent toutes de la réfraction, & en ſuivent exactement les loix.

La réfraction n'eſt cependant pas le ſeul moyen pour produire des couleurs, la lumière a de plus que ſa qualité réfrangible d'autres propriétés qui, quoique dépendantes de la même cauſe générale, produiſent des effets différens; de la même façon que la lumière ſe rompt & ſe diviſe en couleurs en paſſant d'un milieu dans un autre milieu tranſparent, elle ſe rompt auſſi en paſſant auprès des ſurfaces d'un corps opaque: cette eſpèce de réfraction qui ſe fait dans le même milieu, s'appelle *inflexion*, & les couleurs qu'elle produit, ſont les mêmes que celles de la réfraction ordinaire; les rayons violets qui ſont les plus réfrangibles, ſont auſſi les plus flexibles, & la frange colorée par l'inflexion de la lumière ne diffère du ſpectre coloré produit par la réfraction, que dans la

forme; & ſi l'intenſité des couleurs eſt différente, l'ordre en eſt le même, les propriétés toutes ſemblables, le nombre égal, la qualité primitive & inaltérable commune à toutes, ſoit dans la réfraction, ſoit dans l'inflexion qui n'eſt en effet qu'une eſpèce de réfraction.

Mais le plus puiſſant moyen que la Nature emploie pour produire des couleurs, c'eſt la réflexion *(a)*; toutes les

---

(a) J'avoue que je ne penſe pas comme Newton au ſujet de la réflexibilité des différens rayons de la lumière. Sa définition de la réflexibilité n'eſt pas aſſez générale pour être ſatisfaiſante, il eſt ſûr que la plus grande facilité à être réfléchit eſt la même choſe que la plus grande réflexibilité, il faut que cette plus grande facilité ſoit générale pour tous les cas : or qui ſait ſi le rayon violet ſe réfléchit le plus aiſément dans tous les cas, à cauſe que dans un cas particulier il rentre plutôt dans le verre que les autres rayons; la réflexion de la lumière ſuit les mêmes loix que le rebondiſſement de tous les corps à reſſort; de-là on doit conclure que les particules de lumière ſont élaſtiques, & par conſéquent la réflexibilité de la lumière ſera toujours proportionnelle à ſon reſſort, & dès-lors les rayons les plus réflexibles ſeront ceux qui auront le plus de reſſort; qualité difficile à meſurer dans la matière de la lumière, parce qu'on ne peut meſurer l'intenſité d'un reſſort que par la vîteſſe qu'il produit;

couleurs matérielles en dépendent, le vermillon n'eſt rouge que parce qu'il réfléchit abondamment les rayons rouges de la lumière, & qu'il abſorbe les autres; l'outremer ne paroît bleu que parce qu'il réfléchit fortement les rayons bleus, & qu'il reçoit dans ſes pores tous les autres rayons qui s'y perdent. Il en eſt de même des autres couleurs des corps opaques &

il faudroit donc pour qu'il fût poſſible de faire une expérience ſur cela, que les ſatellites de Jupiter fuſſent illuminés ſucceſſivement par toutes les couleurs du priſme, pour reconnoître par leurs éclipſes s'il y auroit plus ou moins de vîteſſe dans le mouvement de la lumière violette que dans le mouvement de la lumière rouge; car ce n'eſt que par la comparaiſon de la vîteſſe de ces deux différens rayons qu'on peut ſavoir ſi l'un a plus de reſſort que l'autre ou plus de réflexibilité. Mais on n'a jamais obſervé que les ſatellites, au moment de leur émerſion, aient d'abord paru violets, & enſuite éclairés ſucceſſivement de toutes les couleurs du priſme; donc il eſt à préſumer que les rayons de lumière ont à peu-près tous un reſſort égal, & par conſéquent autant de réflexibilité. D'ailleurs le cas particulier où le violet paroît être plus réflexible ne vient que de la réfraction, & ne paroît pas tenir à la réflexion, cela eſt aiſé à démontrer. Newton a fait voir, à n'en pouvoir douter, que les rayons différens ſont inégalement réfrangibles, que le rouge l'eſt

transſparens; la transſparence dépend de l'uniformité de denſité; lorſque les parties compoſantes d'un corps ſont d'égale denſité, de quelque figure que ſoient ces mêmes parties, le corps ſera toujours transſparent. Si l'on réduit un corps transſparent à une fort petite épaiſſeur, cette plaque mince produira des couleurs dont

---

le moins & le violet le plus de tous; il n'eſt donc pas étonnant qu'à une certaine obliquité le rayon violet ſe trouvant en ſortant du priſme plus oblique à la ſurface que tous les autres rayons, il ſoit le premier ſaiſi par l'attraction du verre & contraint d'y rentrer, tandis que les autres rayons, dont l'obliquité eſt moindre, continuent leur route ſans être aſſez attirés, pour être obligés de rentrer dans le verre; ceci n'eſt donc pas, comme le prétend Newton, une vraie réflexion, c'eſt ſeulement une ſuite de la réfraction. Il me ſemble qu'il ne devoit donc pas aſſurer en général que les rayons les plus réfrangibles étoient les plus réflexibles. Cela ne me paroît vrai qu'en prenant cette ſuite de la réfraction pour une réflexion, ce qui n'en eſt pas une; car il eſt évident qu'une lumière qui tombe ſur un miroir & qui en rejaillit en formant un angle de réflexion égal à celui d'incidence, eſt dans un cas bien différent de celui où elle ſe trouve au ſortir d'un verre ſi oblique à la ſurface qu'elle eſt contrainte d'y rentrer; ces deux phénomènes n'ont rien de commun, & ne peuvent, à mon avis, s'expliquer par la même cauſe.

l'ordre & les principales apparences ſont fort différentes des phénomènes du ſpectre ou de la frange colorée; auſſi ce n'eſt pas par la réfraction que ces couleurs ſont produites, c'eſt par la réflexion: les plaques minces des corps tranſparens, les bulles de ſavon, les plumes des oiſeaux, &c. paroiſſent colorées parce qu'elles réfléchiſſent certains rayons & laiſſent paſſer ou abſorbent les autres; ces couleurs ont leurs loix & dépendent de l'épaiſſeur de la plaque mince, une certaine épaiſſeur produit conſtamment une certaine couleur, toute autre épaiſſeur ne peut la produire, mais en produit une autre; & lorſque cette épaiſſeur eſt diminuée à l'infini, en ſorte qu'au lieu d'une plaque mince & tranſparente on n'a plus qu'une ſurface polie ſur un corps opaque, ce poli qu'on peut regarder comme le premier degré de la tranſparence, produit auſſi des couleurs par la réflexion, qui ont encore d'autres loix; car lorſqu'on laiſſe tomber un trait de lumière ſur un miroir de métal, ce trait de lumière ne ſe réfléchit pas tout entier ſous le même angle, il s'en diſperſe une partie qui produit des couleurs

dont les phénomènes, auſſi-bien que ceux des plaques minces, n'ont pas encore été aſſez obſervés.

Toutes les couleurs dont je viens de parler ſont naturelles & dépendent uniquement des propriétés de la lumière; mais il en eſt d'autres qui me paroiſſent accidentelles & qui dépendent autant de notre organe que de l'action de la lumière. Lorſque l'œil eſt frappé ou preſſé, on voit des couleurs dans l'obſcurité, lorſque cet organe eſt mal-diſpoſé ou fatigué, on voit encore des couleurs; c'eſt ce genre de couleurs que j'ai cru devoir appeler *couleurs accidentelles,* pour les diſtinguer des couleurs naturelles, & parce qu'en effet elles ne paroiſſent jamais que lorſque l'organe eſt forcé ou qu'il a été trop fortement ébranlé.

Perſonne n'a fait avant le D.r Jurin *(b)* la moindre obſervation ſur ce genre de couleurs, cependant elles tiennent aux couleurs naturelles par pluſieurs rapports;

(b) Eſſai, *Upon diſtinct and indiſtinct viſion, page 115,* des notes ſur l'Optique de Smith, *tome II,* imprimé à Cambridge en 1738.

& j'ai découvert une ſuite de phénomènes ſinguliers ſur cette matière, que je vais rapporter le plus ſuccinctement qu'il me ſera poſſible.

Lorſqu'on regarde fixement & long-temps une tache ou une figure rouge ſur un fond blanc, comme un petit quarré de papier rouge ſur un papier blanc, on voit naître autour du petit quarré rouge une eſpèce de couronne d'un vert foible; en ceſſant de regarder le quarré rouge ſi on porte l'œil ſur le papier blanc, on voit très-diſtinctement un quarré d'un vert tendre, tirant un peu ſur le bleu; cette apparence ſubſiſte plus ou moins long-temps, ſelon que l'impreſſion de la couleur rouge a été plus ou moins forte. La grandeur du quarré vert imaginaire, eſt la même que celle du quarré réel rouge, & ce vert ne s'évanouit qu'après que l'œil s'eſt raſſuré & s'eſt porté ſucceſſivement ſur pluſieurs autres objets dont les images détruiſent l'impreſſion trop forte cauſée par le rouge.

En regardant fixement & long-temps une tache jaune ſur un fond blanc, on voit naître autour de la tache une couronne

d'un bleu pâle, & en cessant de regarder la tache jaune & portant son œil sur un autre endroit du fond blanc, on voit distinctement une tache bleue de la même figure & de la même grandeur que la tache jaune, & cette apparence dure au moins aussi long-temps que l'apparence du vert produit par le rouge. Il m'a même paru, après avoir fait moi-même, & après avoir fait répéter cette expérience à d'autres dont les yeux étoient meilleurs & plus forts que les miens, que cette impression du jaune étoit plus forte que celle du rouge, & que la couleur bleue qu'elle produit s'effaçoit plus difficilement & subsistoit plus long-temps que la couleur verte produite par le rouge; ce qui semble prouver ce qu'a soupçonné Newton, que le jaune est de toutes les couleurs celle qui fatigue le plus nos yeux.

Si l'on regarde fixement & long-temps une tache verte sur un fond blanc, on voit naître autour de la tache verte une couleur blanchâtre, qui est à peine colorée d'une petite teinte de pourpre; mais en cessant de regarder la tache verte & en portant l'œil sur un autre endroit du fond

blanc, on voit diſtinctement une tache d'un pourpre pâle, ſemblable à la couleur d'une améthiſte pâle; cette apparence eſt plus foible & ne dure pas, à beaucoup près, auſſi long-temps que les couleurs bleues & vertes produites par le jaune & par le rouge.

De même en regardant fixement & long-temps une tache bleue ſur un fond blanc, on voit naître autour de la tache bleue une couronne blanchâtre un peu teinte de rouge, & en ceſſant de regarder la tache bleue & portant l'œil ſur le fond blanc, on voit une tache d'un rouge pâle, toujours de la même figure & de la même grandeur que la tache bleue, & cette apparence ne dure pas plus long-temps que l'apparence pourpre produite par la tache verte.

En regardant de même avec attention une tache noire ſur un fond blanc, on voit naître autour de la tache noire une couronne d'un blanc vif, & ceſſant de regarder la tache noire & portant l'œil ſur un autre endroit du fond blanc, on voit la figure de la tache exactement deſſinée & d'un blanc beaucoup plus vif

que celui du fond; ce blanc n'eſt pas mat, c'eſt un blanc brillant ſemblable au blanc du premier ordre des anneaux colorés décrits par Newton; & au contraire, ſi on regarde long-temps une tache blanche ſur un fond noir, on voit la tache blanche ſe décolorer, & en portant l'œil ſur un autre endroit du fond noir, on y voit une tache d'un noir plus vif que celui du fond.

Voilà donc une ſuite de couleurs accidentelles qui a des rapports avec la ſuite des couleurs naturelles; le rouge naturel produit le vert accidentel, le jaune produit le bleu, le vert produit le pourpre, le bleu produit le rouge, le noir produit le blanc, & le blanc produit le noir. Ces couleurs accidentelles n'exiſtent que dans l'organe fatigué, puiſqu'un autre œil ne les aperçoit pas; elles ont même une apparence qui les diſtingue des couleurs naturelles, c'eſt qu'elles ſont tendres, brillantes, & qu'elles paroiſſent être à différentes diſtances, ſelon qu'on les rapporte à des objets voiſins ou éloignés.

Toutes ces expériences ont été faites ſur des couleurs mattes avec des morceaux

de papier ou d'étoffes colorées, mais elles réussissent encore mieux lorsqu'on les fait sur des couleurs brillantes, comme avec de l'or brillant & poli, au lieu de papier ou d'étoffe jaune; avec de l'argent brillant, au lieu de papier blanc; avec du lapis, au lieu de papier bleu, &c. l'impression de ces couleurs brillantes est plus vive & dure beaucoup plus long-temps.

Tout le monde sait qu'après avoir regardé le Soleil, on porte quelquefois pendant long-temps l'image colorée de cet astre sur tous les objets, la lumière trop vive du Soleil produit en un instant ce que la lumière ordinaire des corps ne produit qu'au bout d'une minute ou deux d'application fixe de l'œil sur les couleurs; ces images colorées du Soleil que l'œil ébloui & trop fortement ébranlé porte par-tout, sont des couleurs du même genre que celles que nous venons de décrire, & l'explication de leurs apparences dépend de la même théorie.

Je n'entreprendrai pas de donner ici les idées qui me sont venues sur ce sujet; quelqu'assuré que je sois de mes expériences, je ne suis pas assez certain des

conſéquences qu'on en doit tirer, pour oſer rien haſarder encore ſur la théorie de ces couleurs, & je me contenterai de rapporter d'autres obſervations qui confirment les expériences précédentes, & qui ſerviront ſans doute à éclairer cette matière.

En regardant fixement & fort long-temps un quarré d'un rouge vif ſur un fond blanc, on voit d'abord naître la petite couronne de vert tendre, dont j'ai parlé; enſuite en continuant à regarder fixement le quarré rouge, on voit le milieu du quarré ſe décolorer, & les côtés ſe charger de couleur, & former comme un cadre d'un rouge plus fort & beaucoup plus foncé que le milieu; enſuite en s'éloignant un peu & continuant à regarder toujours fixement, on voit le cadre de rouge foncé ſe partager en deux dans les quatre côtés, & former une croix d'un rouge auſſi foncé; le quarré rouge paroît alors comme une fenêtre traverſée dans ſon milieu par une groſſe croiſée & quatre panneaux blancs, car le cadre de cette eſpèce de fenêtre eſt d'un rouge auſſi fort que la croiſée; continuant

toujours à regarder avec opiniâtreté, cette apparence change encore, & tout se réduit à un rectangle d'un rouge si foncé, si fort & si vif, qu'il offusque entièrement les yeux ; ce rectangle est de la même hauteur que le quarré, mais il n'a pas la sixième partie de sa largeur : ce point est le dernier degré de fatigue que l'œil peut supporter ; & lorsqu'enfin on détourne l'œil de cet objet, & qu'on le porte sur un autre endroit du fond blanc, on voit au lieu du quarré rouge réel, l'image du rectangle rouge imaginaire, exactement dessinée & d'une couleur verte brillante ; cette impression subsiste fort long-temps, ne se décolore que peu-à-peu, elle reste dans l'œil même après l'avoir fermé. Ce que je viens de dire du quarré rouge, arrive aussi lorsqu'on regarde très-long-temps un quarré jaune ou noir, ou de toute autre couleur, on voit de même le cadre jaune ou noir, la croix & le rectangle ; & l'impression qui reste, est un rectangle bleu, si on a regardé du jaune ; un rectangle blanc brillant, si on a regardé un quarré noir, &c.

J'ai fait faire les expériences que je viens

de rapporter à plusieurs personnes, elles ont vu comme moi les mêmes couleurs & les mêmes apparences. Un de mes amis m'a assuré à cette occasion, qu'ayant regardé un jour une éclipse de Soleil par un petit trou, il avoit porté pendant plus de trois semaines l'image colorée de cet astre sur tous les objets; que quand il fixoit ses yeux sur du jaune brillant, comme sur une bordure dorée, il voyoit une tache pourpre, & sur du bleu comme sur un toit d'ardoises, une tache verte. J'ai moi-même souvent regardé le Soleil & j'ai vu les mêmes couleurs; mais comme je craignois de me faire mal aux yeux en regardant cet astre, j'ai mieux aimé continuer mes expériences sur des étoffes colorées, & j'ai trouvé qu'en effet ces couleurs accidentelles changent en se mêlant avec les couleurs naturelles, & qu'elles suivent les mêmes règles pour les apparences; car lorsque la couleur verte accidentelle, produite par le rouge naturel, tombe sur un fond rouge brillant, cette couleur verte devient jaune; si la couleur accidentelle bleue, produite par le jaune vif, tombe sur un fond jaune,

elle devient verte ; en ſorte que les couleurs qui réſultent du mélange de ces couleurs accidentelles avec les couleurs naturelles, ſuivent les mêmes règles & ont les mêmes apparences que les couleurs naturelles dans leur compoſition & dans leur mélange avec d'autres couleurs naturelles.

Ces obſervations pourront être de quelque utilité pour la connoiſſance des incommodités des yeux, qui viennent probablement d'un grand ébranlement cauſé par l'impreſſion trop vive de la lumière ; une de ces incommodités, eſt de voir toujours devant ſes yeux des taches colorées, des cercles blancs ou des points noirs comme des mouches qui voltigent. J'ai ouï bien des perſonnes ſe plaindre de cette eſpèce d'incommodité, & j'ai lû dans quelques Auteurs de Médecine, que la goutte ſereine eſt toujours précédée de ces points noirs. Je ne ſais pas ſi leur ſentiment eſt fondé ſur l'expérience, car j'ai éprouvé moi-même cette incommodité, j'ai vu des points noirs pendant plus de trois mois en ſi grande quantité que j'en étois fort inquiet ; j'avois apparemment fatigué mes yeux en faiſant

& en répétant trop ſouvent les expériences précédentes, & en regardant quelqueſois le Soleil, car les points noirs ont paru dans ce même temps, & je n'en avois jamais vu de ma vie; mais enfin ils m'incommodoient tellement, ſur-tout lorſque je regardois au grand jour des objets fortement éclairés, que j'étois contraint de détourner les yeux; le jaune ſur-tout m'étoit inſupportable, & j'ai été obligé de changer des rideaux jaunes dans la chambre que j'habitois & d'en mettre de verts; j'ai évité de regarder toutes les couleurs trop fortes & tous les objets brillans, peu-à-peu le nombre des points noirs a diminué, & actuellement je n'en ſuis plus incommodé. Ce qui m'a convaincu que ces points noirs viennent de la trop forte impreſſion de la lumière, c'eſt qu'après avoir regardé le Soleil, j'ai toujours vu une image colorée que je portois plus ou moins long-temps ſur tous les objets, & ſuivant avec attention les différentes nuances de cette image colorée, j'ai reconnu qu'elle ſe décoloroit peu-à-peu, & qu'à la fin je ne portois plus ſur les objets qu'une tache noire,

d'abord assez grande, qui diminuoit ensuite peu-à-peu, & se réduisoit enfin à un point noir.

Je vais rapporter à cette occasion un fait qui est assez remarquable, c'est que je n'étois jamais plus incommodé de ces points noirs que quand le ciel étoit couvert de nuées blanches, ce jour me fatiguoit beaucoup plus que la lumière d'un ciel serein, & cela parce qu'en effet la quantité de lumière réfléchie par un ciel couvert de nuées blanches, est beaucoup plus grande que la quantité de lumière réfléchie par l'air pur; & qu'à l'exception des objets éclairés immédiatement par les rayons du Soleil, tous les autres objets qui sont dans l'ombre, sont beaucoup moins éclairés que ceux qui le sont par la lumière réfléchie d'un ciel couvert de nuées blanches.

Avant que de terminer ce Mémoire, je crois devoir encore annoncer un fait qui paroîtra peut-être extraordinaire, mais qui n'en est pas moins certain, & que je suis fort étonné qu'on n'ait pas observé; c'est que les ombres des corps qui par leur essence doivent être noires,

puiſqu'elles ne ſont que la privation de la lumière, que les ombres, dis-je, ſont toujours colorées au lever & au coucher du Soleil; j'ai obſervé pendant l'été de l'année 1743, plus de trente aurores & autant de ſoleils couchans, toutes les ombres qui tomboient ſur du blanc, comme ſur une muraille blanche, étoient quelquefois vertes, mais le plus ſouvent bleues, & d'un bleu auſſi vif que le plus bel azur. J'ai fait voir ce phénomène à pluſieurs perſonnes qui ont été auſſi ſurpriſes que moi; la ſaiſon n'y fait rien, car il n'y a pas huit jours (15 novembre 1743) que j'ai vu des ombres bleues, & quiconque voudra ſe donner la peine de regarder l'ombre de l'un de ſes doigts au lever ou au coucher du Soleil ſur un morceau de papier blanc, verra comme moi cette ombre bleue. Je ne ſache pas qu'aucun Aſtronome, qu'aucun Phyſicien, que perſonne, en un mot, ait parlé de ce phénomène, & j'ai cru qu'en faveur de la nouveauté on me permettroit de donner le précis de cette obſervation.

Au mois de juillet 1743, comme j'étois

occupé de mes couleurs accidentelles, & que je cherchois à voir le Soleil, dont l'œil ſoutient mieux la lumière à ſon coucher qu'à toute autre heure du jour, pour reconnoître enſuite les couleurs & les changemens de couleurs cauſés par cette impreſſion, je remarquai que les ombres des arbres qui tomboient ſur une muraille blanche étoient vertes; j'étois dans un lieu élevé & le Soleil ſe couchoit dans une gorge de montagnes, en ſorte qu'il me paroiſſoit fort abaiſſé au-deſſous de mon horizon; le ciel étoit ſerein, à l'exception du couchant, qui, quoi-qu'exempt de nuages, étoit chargé d'un rideau tranſparent de vapeurs d'un jaune rougeâtre, le Soleil lui-même fort rouge, & ſa grandeur apparente au moins quadruple de ce qu'elle eſt à midi; je vis donc très-diſtinctement les ombres des arbres qui étoient à 20 & 30 pieds de la muraille blanche, colorés d'un vert tendre tirant un peu ſur le bleu; l'ombre d'un treillage qui étoit à 3 pieds de la muraille, étoit parfaitement deſſinée ſur cette muraille, comme ſi on l'avoit nouvellement peinte en vert-de-gris: cette

apparence dura près de 5 minutes, après quoi la couleur s'affoiblit avec la lumière du Soleil, & ne diſparut entièrement qu'avec les ombres. Le lendemain, au lever du Soleil, j'allai regarder d'autres ombres ſur une muraille blanche, mais au lieu de les trouver vertes, comme je m'y attendois, je les trouvai bleues ou plutôt de la couleur de l'indigo le plus vif; le ciel étoit ſerein, & il n'y avoit qu'un petit rideau de vapeurs jaunâtres au levant, le Soleil ſe levoit ſur une colline, en ſorte qu'il me paroiſſoit élevé au-deſſus de mon horizon, les ombres bleues ne durèrent que 3 minutes, après quoi elles me parurent noires; le même jour je revis au coucher du Soleil les ombres vertes, comme je les avois vues la veille. Six jours ſe paſsèrent enſuite ſans pouvoir obſerver les ombres au coucher du Soleil, parce qu'il étoit toujours couvert de nuages; le ſeptième jour je vis le Soleil à ſon coucher, les ombres n'étoient plus vertes, mais d'un beau bleu d'azur, je remarquai que les vapeurs n'étoient pas fort abondantes, & que le Soleil ayant avancé pendant ſept jours,

ſe couchoit derrière un rocher qui le faiſoit diſparoître avant qu'il pût s'abaiſſer au-deſſous de mon horizon. Depuis ce temps j'ai très-ſouvent obſervé les ombres, ſoit au lever, ſoit au coucher du Soleil, & je ne les ai vues que bleues, quelquefois d'un bleu fort vif, d'autres fois d'un bleu pâle, d'un bleu foncé, mais conſtamment bleues.

Ce Mémoire a été imprimé dans ceux de l'Académie Royale des Sciences, *année 1743*. Voici ce que je crois devoir y ajouter aujourd'hui *(année 1773)*.

Des obſervations plus fréquentes m'ont fait reconnoître que les ombres ne paroiſſent jamais vertes au lever ou au coucher du Soleil, que quand l'horizon eſt chargé de beaucoup de vapeurs rouges; dans tout autre cas les ombres ſont toujours bleues, & d'autant plus bleues que le ciel eſt plus ſerein. Cette couleur bleue des ombres, n'eſt autre choſe que la couleur même de l'air, & je ne ſais pourquoi quelques Phyſiciens ont défini l'air *un fluide inviſible (c), inodore,*

(c) Dictionnaire de Chimie, *article de l'Air*.

insipide, puisqu'il est certain que l'azur céleste n'est autre chose que la couleur de l'air; qu'à la vérité il faut une grande épaisseur d'air, pour que notre œil s'aperçoive de la couleur de cet élément, mais que néanmoins lorsqu'on regarde de loin des objets sombres, on les voit toujours plus ou moins bleus. Cette observation que les Physiciens n'avoient pas faite sur les ombres & sur les objets sombres vus de loin, n'avoit pas échappé aux habiles Peintres, & elle doit en effet servir de base à la couleur des objets lointains, qui tous auront une nuance bleuâtre d'autant plus sensible qu'ils seront supposés plus éloignés du point de vue.

On pourra me demander comment cette couleur bleue qui n'est sensible à notre œil que quand il y a une très-grande épaisseur d'air, se marque néanmoins si fortement à quelques pieds de distance au lever & au coucher du Soleil? comment il est possible que cette couleur de l'air, qui est à peine sensible à dix mille toises de distance, puisse donner à l'ombre noire d'un treillage, qui n'est éloigné de la muraille blanche que de

trois pieds, une couleur du plus beau bleu : c'eſt en effet de la ſolution de cette queſtion que dépend l'explication du phénomène. Il eſt certain que la petite épaiſſeur d'air qui n'eſt que de trois pieds entre le treillage & la muraille, ne peut pas donner à la couleur noire de l'ombre une nuance auſſi forte de bleu ; ſi cela étoit, on verroit à midi & dans tous les autres temps du jour, les ombres bleues comme on les voit au lever & au coucher du Soleil. Ainſi cette apparence ne dépend pas uniquement, ni même preſque point du tout de l'épaiſſeur de l'air entre l'objet & l'ombre. Mais il faut conſidérer qu'au lever & au coucher du Soleil, la lumière de cet aſtre étant affoiblie à la ſurface de la Terre, autant qu'elle peut l'être par la plus grande obliquité de cet aſtre, les ombres ſont moins denſes, c'eſt-à-dire, moins noires dans la même proportion, & qu'en même temps la Terre n'étant plus éclairée que par cette foible lumière du Soleil qui ne fait qu'en raſer la ſuperficie, la maſſe de l'air qui eſt plus élevée, & qui par conſéquent reçoit encore la lumière du Soleil bien moins obliquement,

obliquement, nous renvoie cette lumière, & nous éclaire alors autant & peut-être plus que le Soleil. Or cet air pur & bleu ne peut nous éclairer qu'en nous renvoyant une grande quantité de rayons de sa même couleur bleue, & lorsque ces rayons bleus que l'air réfléchit, tomberont sur des objets privés de toute autre couleur comme les ombres, il les teindront d'une plus ou moins forte nuance de bleu, selon qu'il y aura moins de lumière directe du Soleil, & plus de lumière réfléchie de l'atmosphère. Je pourrois ajouter plusieurs autres choses qui viendroient à l'appui de cette explication, mais je pense que ce que je viens de dire, est suffisant pour que les bons esprits l'entendent & en soient satisfaits.

Je crois devoir citer ici quelques faits observés par M. l'Abbé Millot, ancien grand Vicaire de Lyon, qui a eu la bonté de me les communiquer par ses lettres des 18 août 1754 & 10 février 1755, dont voici l'extrait. « Ce n'est pas seulement au lever & au coucher du Soleil, « que les ombres se colorent. A midi, « le ciel étant couvert de nuages, excepté «

» en quelques endroits, vis-à-vis d'une » de ces ouvertures que laissoient entr'eux » les nuages, j'ai fait tomber des ombres » d'un fort beau bleu sur du papier » blanc, à quelques pas d'une fenêtre. » Les nuages s'étant joints, le bleu dis- » parut. J'ajouterai en passant, que plus » d'une fois j'ai vu l'azur du ciel se » peindre, comme dans un miroir, sur » une muraille où la lumière tomboit » obliquement. Mais voici d'autres obser- » vations plus importantes à mon avis; » avant que d'en faire le détail, je suis » obligé de tracer la topographie de ma » chambre: elle est à un troisième étage; » la fenêtre près d'un angle au couchant, » la porte presque vis-à-vis. Cette porte » donne dans une galerie, au bout de » laquelle, à deux pas de distance, est » une fenêtre située au midi. Les jours » des deux fenêtres se réunissent, la porte » étant ouverte contre une des murailles; » & c'est-là que j'ai vu des ombres » colorées presque à toute heure, mais » principalement sur les dix heures du » matin. Les rayons du Soleil que la » fenêtre de la galerie reçoit encore

obliquement, ne tombent point par celle «
de la chambre, ſur la muraille dont je «
viens de parler. Je place à quelques «
pouces de cette muraille des chaiſes de «
bois à doſſier percé. Les ombres en «
ſont alors de couleurs quelquefois très- «
vives. J'en ai vu qui, quoique pro- «
jetées du même côté, étoient l'une «
d'un vert foncé, l'autre d'un bel azur. «
Quand la lumière eſt tellement ménagée, «
que les ombres ſoient également ſen- «
ſibles de part & d'autre, celle qui eſt «
oppoſée à la fenêtre de la chambre eſt «
ou bleue ou violette; l'autre tantôt «
verte, tantôt jaunâtre. Celle-ci eſt «
accompagnée d'une eſpèce de pé- «
nombre bien colorée, qui forme comme «
une double bordure bleue d'un côté, «
& de l'autre verte ou rouge ou jaune, «
ſelon l'intenſité de la lumière. Que je «
ferme les volets de ma fenêtre, les «
couleurs de cette pénombre n'en ont «
ſouvent que plus d'éclat; elles diſpa- «
roiſſent ſi je ferme la porte à moitié. «
Je dois ajouter que le phénomène n'eſt «
pas à beaucoup près ſi ſenſible en hiver. «
Ma fenêtre eſt au couchant d'été, je «

» fis mes premières expériences dans cette » saison, dans un temps où les rayons du » Soleil tomboient obliquement sur la » muraille qui fait angle avec celle où les ombres se coloroient. »

On voit par ces observations de M. l'Abbé Millot, qu'il suffit que la lumière du Soleil tombe très-obliquement sur une surface, pour que l'azur du ciel, dont la lumière tombe toujours directement, s'y peigne & colore les ombres. Mais les autres apparences dont il fait mention, ne dépendent que de la position des lieux & d'autres circonstances accessoires.

FIN du Tome septième.



TABLE

Des Matières contenues dans les deux Volumes.

A

B

C

= Précautions qu'il ſaudroit prendre pour la faire réuſſir. *Vol.* VII, 92.

CHALEUR (la) paroît tenir encore de plus près que la lumière à l'eſſence du feu, & on doit regarder la chaleur comme une choſe différente de la lumière & du feu. *Vol.* VI, 26. Elle exiſte auſſi très-ſouvent ſans lumière. *Ibid.* 26. On a fait moins de découvertes ſur la nature de la chaleur que ſur celle de la lumière. *Ibid.* 28. Siége de la chaleur différent de celui de la lumière. *Ibid.* 29. Le globe de la Terre & en général toutes les matières fluides & ſolides dont il eſt compoſé ou environné, ont toutes une chaleur propre très-grande & plus grande que la chaleur qui nous vient du Soleil. *Ibid.* Toute la matière connue eſt chaude, & dès-lors la chaleur eſt une affection bien plus générale que celle de la lumière. *Ibid.* Les molécules de la chaleur ſont bien plus groſſes que celles de la lumière. *Ibid.* 30. Son mouvement progreſſif eſt bien plus lent que celui de la lumière. — Le principe de la chaleur eſt l'attrition des corps. *Ibid.* Sa production & celle de la lumière; leur différence. *Ibid.* 31. Elle diminue dans ſa propagation beaucoup plus que la lumière. *Ibid.* 39. L'on doit reconnoître deux ſortes de chaleurs; l'une lumineuſe, dont le Soleil eſt le foyer immenſe, & l'autre obſcure, dont le grand réſervoir eſt le globe terreſtre. *Ibid.* 44. La chaleur qui émane du globe de la Terre eſt bien plus conſidérable que celle qui nous vient du Soleil. — Elle eſt dans le climat de Paris vingt-neuf fois plus grande en été, & quatre cents quatre-vingt-dix fois plus grande en hiver que celle qui nous vient de cet aſtre, & cette eſtimation eſt encore trop foible, *Ibid.* 45.

obſtacles qui réſultent de la perméabilité non abſolue, imparfaite & inégale de toute matière ſolide, au lieu de diminuer le temps de la durée de la chaleur, doivent au contraire l'augmenter. *Vol.* VI, 216 *&* 217. La durée de la chaleur dans différentes matières expoſées au même feu pendant un temps égal, eſt toujours dans la même proportion, ſoit que le degré de chaleur ſoit plus grand ou plus petit; exemples. *Ibid.* 238. Ce n'eſt pas proportionnellement à leur denſité que les corps reçoivent & perdent plus ou moins vîte la chaleur, mais dans un rapport bien différent & qui eſt en raiſon inverſe de leur ſolidité, c'eſt-à-dire, de leur plus ou moins grande non-fuſibilité: démonſtration de cette vérité par l'expérience. *Ibid.* 239 *& ſuiv.* La denſité n'eſt pas relative à l'échelle du progrès de la chaleur dans les corps ſolides, ni dans les fluides. *Ibid.* 242. Ordre dans lequel les matières minérales reçoivent & perdent la chaleur à commencer par le fer, qui de toutes les matières eſt celle à laquelle il faut le plus de temps pour s'échauffer & ſe refroidir.

Fer.
Émeril.
Cuivre.
Or.
Argent.
Zinc.
Marbre blanc.
Marbre commun.
Pierre calcaire dure.
Grès.
Verre.
Plomb.
Étain.
Pierre calcaire tendre.
Glaiſe.
Biſmuth.
Porcelaine.
Antimoine.
Ocre.
Craie.
Gyps.
Bois.

E

qualité

G

I

N

O

P

Sa composition & son mélange. *Vol.* VII, 5 *& suiv.* Le fer qui est uni à la platine & même celui qui n'y est que mélangé, est dans un état différent de celui du fer ordinaire. *Ibid.* 7. Ce minéral est très-aigre, ce qui auroit dû faire soupçonner que ce n'est point un métal, mais un alliage. *Ibid.* 13 *& suiv.* La pesanteur spécifique de la platine n'est pas à beaucoup près aussi grande que celle de l'or. — Diverses expériences à ce sujet, desquelles il résulte que la pesanteur spécifique de la platine est d'un douzième moindre que celle de l'or. *Ibid.* 13 *& suiv.* Expériences de M. le comte de Milly sur la platine. *Ibid.* 20 *& suiv.* Il y a des espèces de platine qui sont mélangées de parties cristallines comme de petits rubis, de petites topases, &c. & il y a d'autres espèces de platine qui ne contiennent rien de semblable. *Ibid.* 33. Elle contient des grains hémisphériques qui paroissent indiquer qu'elle est le produit du feu. *Ibid.* La mine de platine, même la plus pure, qui ne contient point de parties cristallines, est souvent mélangée de quelques paillettes d'or. *Ibid.* 34. L'or & le fer dont est composée la platine y sont unis d'une manière plus étroite & plus intime que dans l'alliage ordinaire de ces deux métaux, & le fer qui est incorporé à la platine, est du fer dans un état différent de l'état du fer ordinaire. *Ibid.* 38. Expériences de M. de Morveau sur ce minéral. *Ibid.* 40 *& suiv.* On peut espérer de fondre la platine sans addition dans nos meilleurs fourneaux en lui appliquant le feu plusieurs fois de suite, parce que les meilleurs creusets ne pourroient résister à l'action d'un feu aussi violent pendant tout le temps

Q

S

V

FIN de la Table des Matières.

FAUTES à corriger.

TOME VI, page 59, ligne 22, quantité; *lisez* qualité.

Tome VI, page 132, lignes 5, 6, 7, 8, 9, 10 & 11, la somme de cette chaleur prise pendant l'année entière & pendant grand nombre d'années de suite, est trois cents ou quatre cents fois plus grande que la somme de la chaleur qui nous vient du Soleil pendant le même temps; *lisez,* que cette chaleur observée pendant un grand nombre d'années de suite, est trois ou quatre cents fois plus grande en hiver, & vingt-neuf fois plus grande en été dans notre climat que la chaleur qui nous vient du Soleil.

Tome VI, page 136, ligne 23, contient; *lisez* contiendroit.

Tome VI, page 145, ligne 21, perd son volume; *lisez* perd de son volume.

Tome VI, page 172, ligne 6, après ces mots, dans la formation; *ajoutez* des minéraux, il faut d'abord remonter à l'origine de la formation, &c.

Tome VII, page 96, ligne 6, sensibles; *lisez* insensibles.

